

UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA

**TOMADA DE DECISÃO EM FLEXIBILIDADE DE  
MANUFATURA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS  
OPERACIONAIS NO PROCESSO PRODUTIVO INDUSTRIAL**

Guaratinguetá, 2009

UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA

TOMADA DE DECISÃO EM FLEXIBILIDADE DE  
MANUFATURA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS  
OPERACIONAIS NO PROCESSO PRODUTIVO INDUSTRIAL

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia – Gestão e Otimização.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins  
Co-Orientador: Prof. Ph.D. Paulo Roberto Tavares Dalcol

Guaratinguetá  
2009

O482t	<p>Oliveira, Ualison Rébula de</p> <p>Tomada de decisão em flexibilidade de manufatura para gerenciamento de riscos operacionais no processo produtivo industrial. / Ualison Rébula de Oliveira - Guaratinguetá : [s.n.], 2009.</p> <p>246f. : il.</p> <p>Bibliografia: f. 232-246</p> <p>Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins</p> <p>Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto Tavares Dalcol</p> <p>1. Planejamento dos recursos da manufatura 2. Administração de risco I. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 658</p>
-------	--

UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

**"TOMADA DE DECISÃO EM FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA PARA  
GERENCIAMENTO DE RISCOS OPERACIONAIS NO PROCESSO  
PRODUTIVO INDUSTRIAL"**

**UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA**

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: TRANSMISSÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA :**

Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS  
Orientador/UNESP-FEG

Prof. Dr. MAURICIO CESAR DELAMARO  
UNESP-FEG

Prof. Dr. DAGOBERTO ALVES DE ALMEIDA  
UNIFEI - ITAJUBÁ

Prof. Dr. GILSON BRITO ALVES LIMA  
UFF-LATEC

Prof. Dr. OSVALDO LUIS GONÇALVES QUELHAS  
UFF-LATEC

Março de 2009

## **DADOS CURRICULARES**

### **UALISON RÉBULA DE OLIVEIRA**

NASCIMENTO	16.01.1973 – CUBATÃO / SP
FILIAÇÃO	José Teodoro de Oliveira Iolanda Rébula de Oliveira
1993/1998	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Severino Sombra
2000/2001	Curso de Especialização em Gestão Estratégica de Empresas na Universidade Estácio de Sá
2001/2002	Curso de Especialização em Gestão Empresarial na Fundação Getúlio Vargas
2006/2007	Curso de Especialização em Gestão de Recursos Humanos pela Universidade Cândido Mendes
2006/2007	Curso de Especialização em Controladoria e Finanças Empresariais na Universidade Federal de Lavras
2002/2004	Curso de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão em Qualidade, nível de Mestrado, no LATEC da Universidade Federal Fluminense
2006/2009	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Doutorado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

Dedico este trabalho

De um modo todo especial, às minhas filhas Milena e Mariana,  
por serem as “coisas” mais preciosas de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço à Deus pelas incontáveis bênçãos que tem “derramado” sobre minha vida,

a minha esposa por sua compreensão, sua ajuda, incentivo e amor,

aos meus pais José Teodoro e Iolanda, pela valiosa contribuição em minha formação moral e acadêmica,

ao meu orientador, Prof. Fernando Augusto Silva Marins, pelo conhecimento transmitido de forma tão sábia, pela orientação paciente e pelo apoio incondicional durante todo o curso de Doutorado,

ao meu co-orientador, Prof. Paulo Roberto Tavares Dalcol, pela pronta disposição em me orientar, pelos conselhos e pela descontração nos vários congressos que freqüentamos juntos,

ao meu amigo Henrique Martins Rocha, pelas inúmeras vezes que escrevemos juntos e pela incontáveis vezes que me auxiliou durante o Doutorado,

aos Professores Mauricio Delamaro e Dagoberto de Almeida, pelos artigos que escrevemos e publicamos juntos,

ao Professor Oswaldo Quelhas, que tem acompanhado meu desenvolvimento acadêmico e profissional desde o Mestrado em Sistemas de Gestão da UFF,

aos Professores Gilson Brito e Rogério Serrão, que prontamente aceitaram meu convite para participarem da banca de defesa da tese,

aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação, em especial à Cristina, que sempre e prontamente me atendeu com dedicação e alegria.

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece”

(Filipenses 4.13)

OLIVEIRA, U. R. **Tomada de Decisão em Flexibilidade de Manufatura para Gerenciamento de Riscos Operacionais no Processo Produtivo Industrial**. 2009. 246 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

### **RESUMO**

Observam-se, nos dias atuais, nas indústrias brasileiras, a ocorrência de inúmeros problemas que afetam direta e indiretamente seus processos produtivos e que, na maioria das vezes, são desenvolvidas ações corretivas ao invés de ações preventivas. Apesar da Gestão de Riscos utilizar ferramentas, técnicas e abordagens para identificação, análise e avaliação de riscos, para que muitos dos riscos mapeados não se tornem problema, constatou-se na literatura específica, a quase completa ausência de abordagens que tratem dos riscos quando esses se concretizam na manufatura, tornando-se, portanto, problemas. Assim, para se atuar na mitigação dos riscos, recomenda-se a inserção da flexibilidade de manufatura como a última etapa do Gerenciamento de Riscos na manufatura. Entretanto, a característica multidimensional da flexibilidade de manufatura dificulta essa tarefa, no sentido de adequar o grau de flexibilidade frente às variáveis existentes. Assim, o problema está na escolha correta das diferentes dimensões de flexibilidade, ou seja, quanto se investir para ser flexível, uma vez que existem inúmeros tipos de flexibilidade. Por meio de uma investigação empírica na manufatura de oito indústrias, utilizando-se o método hipotético dedutivo, aqui se desenvolveu uma ferramenta, chamada de Matriz de Decisão sobre Flexibilidades, para auxílio à tomada de decisão sobre qual tipo de flexibilidade de manufatura deve-se escolher para a solução de diferentes tipos de problemas que ocorrem na manufatura, em distintos segmentos industriais. Como resultados adicionais, a pesquisa empírica em oito empresas forneceu informações sobre quais são os problemas críticos para cinco segmentos industriais pesquisados; sugeriu novos usos de alguns tipos de flexibilidade de manufatura, e ofereceu informações úteis para a disseminação de conhecimento sobre flexibilidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tomada de decisão, Flexibilidade de manufatura, Gerenciamento de Riscos, Matriz de Decisão sobre Flexibilidades, Pesquisa empírica.

OLIVEIRA, U. R. 2009. **Decision-making in Manufacturing Flexibility for Industry Operational Risk Management**. 246 f. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

### **ABSTRACT**

It is observed, nowadays, in the Brazilian industries, the occurrence of several problems that affect directly and indirectly their productive processes and that, most of the time, are only developed corrective actions instead of preventive ones. Although Risks Management to use tools, techniques and approaches for identification, analysis and evaluation of risks, in order to many of these mapped risks do not become problems, was evidenced in specific consulted literature, the absence of approaches that deal with the risks just when they appear, becoming, therefore, problems. Thus, to mitigate risks, insertion of the manufacturing flexibility as the last stage of Risks Management it is recommended. However, the multidimensional characteristic of the manufacture flexibility makes difficult the task to adjust the degree of flexibility in function of existing variable. Thus, the great problem is to do the correct choice from the flexibility dimensions set, usually presenting several options, that is, to choice how much to invest to be flexible. Here was developed a tool, named Flexibility Decision Matrix, for decision-making about which kind of manufacture flexibility must be chosen for the solution of manufacturing problems, in distinct industrial branches. As additional results, an empirical research in eight companies gave information on which are the worse problems for five industrial segments; suggested new utilization of some types of manufacture flexibility, and offered highlights to collaborate to flexibility knowledge dissemination.

**KEY-WORDS:** Risk management, Manufacturing flexibilities, Flexibility Decision Matrix, Empirical research.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – O funil da flexibilidade.....	23
FIGURA 2 – Gerenciamento de riscos envolvendo flexibilidade de manufatura .	27
FIGURA 3 – Esquematização completa do método hipotético-dedutivo .....	32
FIGURA 4 – Esquema do método adaptado para a pesquisa .....	33
FIGURA 5 – Primeira parte do instrumento de coleta de dados versão 1.0 .....	43
FIGURA 6 – Segunda parte do instrumento de coleta de dados versão 1.0 .....	43
FIGURA 7 – Instruções para preenchimento do questionário versão 1.1 .....	45
FIGURA 8 – Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	45
FIGURA 9 – Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	45
FIGURA 10 – Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	46
FIGURA 11 – Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	46
FIGURA 12 – Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	47
FIGURA 13 – Questão 6 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	47
FIGURA 14 – Questão 7 do instrumento de coleta de dados versão 1.1 .....	48
FIGURA 15 – Encerramento do questionário versão 1.1 .....	48
FIGURA 16 – Instruções para preenchimento do questionário versão 1.2 .....	49
FIGURA 17 – Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	49
FIGURA 18 – Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	50
FIGURA 19 – Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	50
FIGURA 20 – Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	51
FIGURA 21 – Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	51
FIGURA 22 – Questão 6 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	52
FIGURA 23 – Questão 7 do instrumento de coleta de dados versão 1.2 .....	52
FIGURA 24 – Encerramento do questionário versão 1.2 .....	53
FIGURA 25 – Instruções para preenchimento do questionário versão 1.3 .....	53

FIGURA 26 – Cadastro do respondente referente ao questionário versão 1.3 ..	5
FIGURA 27 – Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.3.....	54
FIGURA 28 – Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.3 .....	55
FIGURA 29 – Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.3 .....	55
FIGURA 30 – Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.3 .....	56
FIGURA 31 – Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.3 .....	56
FIGURA 32 – Encerramento do questionário versão 1.3 .....	57
FIGURA 33 – Agradecimento e confirmação do término do preenchimento ....	57
FIGURA 34 – Interface do BioEstat para estatística descritiva .....	63
FIGURA 35 – Interface do BioEstat para o teste de Kruskal-Wallis .....	63
FIGURA 36 – Planilha de controle das referências bibliográficas da tese .....	65
FIGURA 37 – Composição do referencial teórico por tipicidade .....	66
FIGURA 38 – Composição do referencial teórico por períodos de publicação .	66
FIGURA 39 – Pesquisas em nível nacional sobre flexibilidade de manufatura .	67
FIGURA 40 – Tipos de riscos e seus impactos nos resultados organizacionais	74
FIGURA 41 – Etapas para o gerenciamento de riscos .....	86
FIGURA 42 – Processo de gestão de risco proposto na norma AS/NZS 4360...	87
FIGURA 43 – Estágios da gestão do conhecimento no gerenciamento de risco	92
FIGURA 44 – Árvore de eventos para uma bomba de água sobrecarregada .....	99
FIGURA 45 – FTA para uma linha de montagem de pneus de caminhões .....	103
FIGURA 46 – Representação gráfica de uma árvore de decisão .....	108
FIGURA 47 – O método APCE .....	112
FIGURA 48 – Ligações entre dimensões de mudança e flexibilidade .....	120
FIGURA 49 – Fatores causais da necessidade de flexibilidade .....	121
FIGURA 50 – Ligações entre os vários tipos de flexibilidade .....	127
FIGURA 51 – Hierarquia das dimensões da flexibilidade .....	129
FIGURA 52 – Modelo conceitual de estratégia e necessidades de flexibilidade	136
FIGURA 53 – Análise sobre operacionalização dos elementos da flexibilidade	139
FIGURA 54 – Diagrama de relacionamentos de flexibilidade .....	141
FIGURA 55 – Relação entre tipos de flexibilidade .....	142
FIGURA 56 – Relacionamento entre as dimensões de flexibilidade .....	143

FIGURA 57 – Modelo nexa da flexibilidade na organização e fornecedores ....	14
FIGURA 58 – Modelo de transformação da flexibilidade .....	147
FIGURA 59 – Modelo de avaliação de flexibilidade .....	149
FIGURA 60 – Variáveis exógenas e escolha de flexibilidade .....	151
FIGURA 61 – Monitoramentos e escolha da estratégia de flexibilidade.....	154
FIGURA 62 – Relação entre estratégias de flexibilidade e resultados.....	155
FIGURA 63 – Flexibilidade e respostas .....	157
FIGURA 64 – Competências em flexibilidade e execução e suas inter-relações	162
FIGURA 65 – Modelo conceitual para incertezas, flexibilidades e estratégias..	162
FIGURA 66 – Modelo proposto para estudo da moderação das competências..	163
FIGURA 67 – Modelo para flexibilidade do sistema .....	164
FIGURA 68 – Relacionando habilidades e características de flexibilidade .....	167
FIGURA 69 – Modelo para implementação de flexibilidade em manufatura ....	170
FIGURA 70 – Modelo para integração da flexibilidade .....	172
FIGURA 71 – Modelo conceitual para mensuração da flexibilidade .....	175
FIGURA 72 – Interface da página inicial do banco de dados .....	176
FIGURA 73 – Interface da página de exportação de dados do banco de dados .	177
FIGURA 74 – Resultados de Kruskal-Wallis das montadoras de veículos .....	203
FIGURA 75 – Resultados de Kruskal-Wallis das montadoras de veículos .....	204
FIGURA 76 – Resultados do teste de Kendall das montadoras de veículos .....	206
FIGURA 77 – Resultados de Kruskal-Wallis das outras empresas (mediana) ...	212
FIGURA 78 – Resultados de Kruskal-Wallis das outras empresas (média).....	213
FIGURA 79 – Resultados de Dunn referente às amostras das outras empresas .	214
FIGURA 80 – Resultados do teste de Kendall das outras empresas .....	216
FIGURA 81 – Resultados do teste de Kendall de todas as empresas juntas.....	218

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Correlação entre conjecturas e questões para a coleta de dados	40
QUADRO 2 – Classificação dos riscos empresariais .....	74
QUADRO 3 – Comparativo entre diferentes modos de gerenciamento de risco	91
QUADRO 4 – Exemplo de FMEA de processo .....	97
QUADRO 5 – Modelo de formulário para preenchimento do HAZOP .....	101
QUADRO 6 – Visibilidade e controle do S&OP e do CPFR .....	107
QUADRO 7 – Pesquisas desenvolvidas após 1990 sobre flexibilidade .....	115
QUADRO 8 – Definições de flexibilidade ao longo do tempo .....	117
QUADRO 9 – Dimensões de flexibilidade de manufatura .....	125
QUADRO 10 – Tipos de flexibilidade e suas respectivas definições .....	127
QUADRO 11– Domínios da flexibilidade de manufatura .....	133
QUADRO 12 – Disposições de flexibilidade para lidar com a incerteza .....	134
QUADRO 13 – Sumário de estudos empíricos sobre flexibilidade .....	137
QUADRO 14 – Sumário das variáveis nos estudos empíricos em flexibilidade	138
QUADRO 15 – Características dos elementos da flexibilidade de manufatura .	140
QUADRO 16 – Lidando com a incerteza .....	151
QUADRO 17 – Itens de medição de flexibilidade de manufatura e suas fontes.	173
QUADRO 18 – Qualificação das empresas pesquisadas e seus respondentes ...	178
QUADRO 19 – Análise de incertezas, riscos e problemas na montadora um ....	181
QUADRO 20 – Análise de riscos e problemas na montadora de veículos dois..	182
QUADRO 21 – Análise de riscos e problemas na montadora de veículos três ..	183
QUADRO 22 – Análise de riscos e problemas na montadora de veículos quatr	184
QUADRO 23 – Análise de riscos e problemas na indústria química.....	185
QUADRO 24 – Análise de riscos e problemas na indústria de vidros .....	186
QUADRO 25 – Análise de riscos e problemas na indústria de equipamentos ..	187
QUADRO 26 – Análise de riscos e problemas na indústria de pneus .....	188

QUADRO 27 – Quadro resumo dos principais problemas das oito empresas ...	191
QUADRO 28 – Análise de flexibilidade na montadora de veículos um .....	197
QUADRO 29 – Análise de flexibilidade na montadora de veículos dois .....	198
QUADRO 30 – Análise de flexibilidade na montadora de veículos três .....	199
QUADRO 31 – Análise de flexibilidade na montadora de veículos quatro .....	200
QUADRO 32 – Resumo da análise de flexibilidade nas montadoras.....	201
QUADRO 33 – Preparação de dados para o teste de Kendall nas montadoras ..	205
QUADRO 34 – Análise de flexibilidade na indústria química .....	207
QUADRO 35 – Análise de flexibilidade na indústria de vidros .....	208
QUADRO 36 – Análise de flexibilidade na indústria de equipamento .....	209
QUADRO 37 – Análise de flexibilidade na indústria de pneus .....	210
QUADRO 38 – Resumo da análise da flexibilidade nas demais indústrias .....	211
QUADRO 39 – Preparação de dados para o teste de Kendall demais empresas	215
QUADRO 40 – Matriz de decisão para a solução de problemas na manufatura	222
QUADRO 41– Análise de atingimento dos objetivos específicos .....	226

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TIC	Técnica de incidentes críticos
WI	<i>What-if</i>
APR	Análise preliminar de riscos
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i>
ADB	Análise por diagrama de blocos
IDEF	<i>Integrated computer aided manufacturing definition</i>
ETA	<i>Event tree analysis</i>
HAZOP	<i>Hazard and operability studies</i>
MORT	<i>Management oversight and risk tree</i>
FTA	<i>Fault tree analysis</i>
AQR	Análise quantitativa de riscos
SIL	<i>Security integrity level</i>
S&OP	<i>Sales and operations planning</i>
CPFR	<i>Collaborative planning, forecasting, and replenishment</i>
ACC	Análise de causas e conseqüências
APCE	Análise dos processos críticos por especialistas
VMI	<i>Vendor managed inventory</i>
EDI	<i>Electronic data interchange</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	21
1.2 RELEVANCIA DO TEMA .....	23
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	25
<b>1.3.1 Objetivo geral</b> .....	25
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b> .....	26
1.4 DIRECIONAMENTO DA PESQUISA .....	26
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	28
<b>2 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b> .....	30
2.1 TIPO DE PESQUISA .....	34
2.2 CONJECTURAS DA PESQUISA .....	36
2.3 INFORMAÇÕES SOBRE AS EMPRESAS PESQUISADAS .....	37
2.4 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS .....	39
<b>2.4.1 Teste piloto do questionário e seus resultados</b> .....	42
2.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS .....	58
<b>2.5.1 Recursos computacionais para o tratamento e análise de dados</b> .....	62
2.6 CARACTERÍSTICAS E ORGANIZAÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO .....	64
2.7 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA E LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	68
<b>3 RISCOS E INCERTEZAS NO AMBIENTE INDUSTRIAL</b> .....	70
3.1 RISCOS EMPRESARIAIS .....	73
3.2 RISCOS OPERACIONAIS.....	76
<b>3.2.1 Riscos operacionais gerais</b> .....	76
<b>3.2.2 Riscos operacionais funcionais</b> .....	78
3.2.2.1 Riscos associados à cadeia de suprimentos.....	80
<b>3.2.2 Riscos do ambiente setorial</b> .....	81
3.3 INCERTEZAS EMPRESARIAIS .....	82
<b>4 GERENCIAMENTO DE RISCOS OPERACIONAIS</b> .....	85
4.1 DEFINIÇÃO E ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE RISCOS .....	85
4.2 TÉCNICAS E ABORDAGENS PARA O GERENCIAMENTO DE RISCOS .....	93
4.2.1 <b>Técnicas de incidentes críticos (TIC)</b> .....	93
4.2.2 <b>Análise preliminar de riscos (APR)</b> .....	94
4.2.3 <b>Check list</b> .....	95
4.2.4 <b>Análise por diagrama de blocos (ADB)</b> .....	95
4.2.5 <b>Análise de modos e efeitos de falhas (FMEA)</b> .....	96
4.2.6 <b>PERT-Risco</b> .....	98
4.2.7 <b>Integrated computer aided manufacturing definition (IDEF)</b> .....	98
4.2.8 <b>Análise de árvore de eventos (ETA)</b> .....	98
4.2.9 <b>Análise de causas e conseqüências (ACC)</b> .....	99

4.2.10	Análise de riscos e operabilidade (HAZOP) .....	100
4.2.11	Management oversight and risk tree (MORT) .....	101
4.2.12	Análise de árvore de falhas (FTA).....	102
4.2.13	Avaliação do nível de integridade e segurança (SIL) .....	104
4.2.14	Análise quantitativa de riscos (AQR).....	104
4.2.15	Análise de impactos entre eventos .....	105
4.2.16	Integração entre o S&OP e CPFR.....	105
4.2.17	Arvore de decisão .....	108
4.2.18	Cenários prospectivos .....	108
4.2.19	Análise dos processos críticos por especialistas (APCE) .....	110
<b>5</b>	<b>FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA</b> .....	<b>113</b>
5.1	DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA...	113
5.2	MOTIVOS PELOS QUAIS AS EMPRESAS DEMANDAM FLEXIBILIDA	118
5.3	DIMENSÕES, ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS E TRADE-OFFS .....	122
5.4	FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS	144
5.5	FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA E A ESTRATÉGIA EMPRESARI .	149
5.6	FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA E DESEMPENHO EMPRESARIA	159
5.7	IMPLEMENTAÇÃO DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA E SEUS .	165
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ.</b>	<b>176</b>
6.1	ANÁLISE DAS INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS NA MANUFAT	176
6.2	ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA .....	195
6.3	DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ DE DECISÃO COM FLEXIBILIDADE	220
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA</b> .....	<b>224</b>
7.1	CONCLUSÕES A RESPEITO DOS OBJETIVOS E CONJECTURAS .....	224
7.2	CONCLUSÕES A RESPEITO DO REFERENCIAL TEÓRICO .....	227
7.3	CONCLUSÕES A RESPEITO DOS ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	229
7.4	RECOMENDAÇÕES PARA EMPRESAS E PARA PESQUISADORES .....	231
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>232</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas presenciou-se uma série de transformações da economia mundial, com amplos impactos sobre o comércio mundial, a relação entre as nações e a vida das empresas. Dentre essas transformações, ressalta-se, principalmente, um maior aprofundamento da integração da economia mundial e a revolução tecnológica da eletrônica, da informática e da robótica iniciada em meados da década de 70. Assim, a difusão das novas tecnologias, juntamente com a maior globalização da economia mundial, vêm impondo mudanças radicais tanto nas relações entre as nações e no comércio internacional, como nas estruturas produtivas.

Ao discutir a aceleração do processo de mudança que estamos vivendo, BRANCO & VERGARA (2001) propõem uma divisão dos últimos 50 mil anos da História da humanidade em períodos de 62 anos cada um, o que equivale ao tempo médio de uma geração. Essa divisão resultaria em, aproximadamente, 800 períodos, dos quais:

- 717 foram vividos nas cavernas;
- 70 tiveram uso da escrita
- 6 foram marcados pela palavra impressa
- 4 viram a medição mais precisa do tempo
- 2 tiveram o uso de motores elétricos
- O atual, ou seja, o 800º foi palco da maioria dos conhecimentos e bens materiais que hoje são utilizados.

A importância de tais transformações e inovações é que elas desencadearam uma profunda reestruturação em todas as atividades industriais e de serviços, bem como nas estruturas das organizações e no próprio comportamento das pessoas. Observando o último período, constata-se que foi exatamente no último quarto de século que ocorreram grandes mudanças, das quais se podem destacar a consolidação dos sistemas de gestão da qualidade, a personalização dos produtos e serviços oferecidos, a ênfase à produção enxuta, a manufatura ágil, etc. A manufatura ágil, por exemplo, é um novo conceito de manufatura que tem por finalidade melhorar a competitividade

no processo produtivo das organizações (GUNASEKARAN, 2002; ZHANG & SHARIFI, 2007).

Em decorrência dessas transformações a gestão da manufatura tornou-se parte competitiva do negócio, visto que a sobrevivência da empresa depende não apenas de buscar a eficiência nos custos e a liderança na qualidade, mas, também, de estar preparada para as incertezas, riscos e instabilidades.

No passado, as mudanças aconteciam lentamente, e havia tempo para que as organizações fizessem com que seus processos evoluíssem e se adaptassem às oportunidades apresentadas pelo ambiente competitivo. Porém, nos dias atuais, onde as mudanças são velozes, as organizações necessitam coordenar ativamente esses processos evolutivos e adaptativos para garantir uma combinação eficiente entre a organização e o ambiente de negócios.

Nesse ambiente, Reid & Sanders (2005), Davis *et al.* (2001), Gaither & Frazier (2002), Heizer & Render (2001), Slack *et al.* (2002), entre outros e pesquisadores, defendem que a gestão de operações deve estabelecer o projeto e a utilização de recursos para apoiar a estratégia empresarial, incluindo qualidade, projeto de bens e serviços, projeto de processos e de capacidade, seleção da localização, projeto de *layout*, recursos humanos, gestão da cadeia de fornecimento, estoques, programação e manutenção.

Por outro lado, gerenciar adequadamente os riscos e as condições de incertezas, a que a empresa é exposta, significa possibilitar que a organização tenha futuro (BARALDI, 2005). Padoveze & Bertolucci (2005) corroboram com Baraldi (2005), afirmando que a exposição ao risco é um dos maiores desafios à sobrevivência das organizações.

Entende-se por risco a possibilidade de um insucesso na área de negócios ou operacional, que poderá afetar os resultados de uma entidade ou ainda, o perigo iminente e relevante de uma perda contingencial e irrecuperável, devido à probabilidade de ocorrência de um evento indesejado (PANHOCA, 2000; PADOVEZE & BERTOLUCCI, 2005).

Diante do exposto por Panhoca (2000), Padoveze & Bertolucci (2005) e Baraldi (2005), julga-se que reagir às mudanças, incertezas e riscos é fator condicionante da

continuidade da atividade empresarial, exatamente por não haver mais espaço, na composição dos preços dos produtos e serviços, para se repassar os prejuízos, advindos de uma perda qualquer, para os clientes. Em função da acirrada concorrência, das crises econômicas, do curto ciclo de vida dos produtos e de outros aspectos inerentes a essa temática, as margens de lucro praticadas atualmente são cada vez menores, não permitindo lugar para as perdas oriundas dos riscos e incertezas. Nesse contexto, torna-se imperioso conhecer e implantar metodologias para o gerenciamento de riscos.

Entende-se, por gerenciamento de riscos, um processo de tomada de decisão que visa minimizar as conseqüências de possíveis eventos negativos no futuro, sendo uma abordagem proativa para identificar riscos potenciais, analisá-los, avaliá-los e planejar respostas necessárias para sua minimização ou eliminação (ZAFIROPOULOS *et al.*, 2005), visando à proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa (ALBERTON, 1996).

Quando se pesquisa sobre gerenciamento de riscos, se constata uma escassez de artigos, teses e dissertações que estejam diretamente relacionados com a mitigação de riscos no processo produtivo das indústrias, ou seja, na manufatura. Observam-se várias pesquisas de gerenciamento de riscos nas áreas de segurança do trabalho, meio ambiente, gerenciamento de projetos e, sobretudo, na área financeira. Entretanto, pouco se lê sobre gerenciamento de riscos no ambiente operacional (manufatura ou produção ou gestão de operações).

Dos poucos trabalhos encontrados sobre a gestão de riscos na manufatura, constatou-se um enfoque na apresentação de técnicas para a identificação, a análise e a avaliação dos riscos, deixando de se aprofundar em abordagens que tratem do controle e da redução do risco na manufatura. Um exemplo dessa constatação encontra-se na dissertação de mestrado de Alberton (1996) – referenciada por muitos pesquisadores sobre o tema –, que aborda as ferramentas que devem ser utilizadas para o gerenciamento de riscos e em que etapas do gerenciamento de riscos elas devem ser aplicadas.

Diante da pouca abordagem de técnicas de gerenciamento de riscos que privilegiem a prevenção de riscos no ambiente de manufatura das indústrias, percebe-se uma oportunidade de contribuição, tanto para o meio acadêmico quanto para o meio

profissional, do desenvolvimento de uma abordagem específica para ser aplicada na prevenção de riscos do processo produtivo das organizações fabris.

A referida abordagem se embasa nas taxonomias de flexibilidades de manufatura e da correta seleção dos diferentes tipos de flexibilidade a serem utilizados para a prevenção de problemas na manufatura, estando aí o caráter de ineditismo dessa abordagem, ora sugerida. Essa proposta origina-se, inicialmente, incentivada pelos estudos de Swamidass & Newell (1987), que desenvolveram um modelo teórico de análise, incorporando as variáveis ‘incerteza ambiental’ e ‘flexibilidade de manufatura’, de onde se observou que uma organização pode conseguir pelo menos alguma ajuda para lidar com as incertezas e riscos por meio do aumento de sua flexibilidade de manufatura.

Diante da constatação desses autores, a presente pesquisa pretende ampliar seus estudos e, também, os estudos de outros autores sobre o tema flexibilidade de manufatura, principalmente porque dentre as fontes de vantagens competitivas mais difundidas (custo, tempo, qualidade, confiabilidade e flexibilidade), a flexibilidade de manufatura tem emergido como um elemento-chave para a diferenciação da competitividade (SERRÃO, 2001).

Fato incontestável é que muitos autores internacionais defendem que a flexibilidade na manufatura vem assumindo uma posição de destaque. Dessa forma, julga-se oportuno para uma tese o aprofundamento em estudos que ampliem seu entendimento, sobretudo porque a produção acadêmica sobre esse tema no Brasil ainda é muito incipiente.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Observam-se, nos dias atuais, nas indústrias brasileiras, a ocorrência de inúmeros problemas que afetam direta e indiretamente seus processos produtivos e que, na maioria das vezes, há certa acomodação, principalmente dos profissionais responsáveis pela tomada de decisão, no sentido de criar uma filosofia de se antecipar à situação. Corroborando com isso, Savaris (2003) menciona, em sua dissertação, que os gestores entrevistados pouco se dedicavam em gerenciar propriamente dito,

passando a maior parte do tempo em reuniões, tentando desenvolver soluções para o que já tinha acontecido e deixando para pensar no que fosse acontecer, quando acontecesse.

Indo ao encontro desse cenário, conforme recomendação de vários autores, entre eles Slack (1993), Swamidass & Newell (1987), Serrão (2001) e muitos outros que compõem o referencial teórico da presente pesquisa, propõe-se a utilização da flexibilidade de manufatura para a solução prévia de muitos desses problemas. Entretanto, como existem muitos tipos de flexibilidade, surge a necessidade de se estabelecer prioridades em prol de escolhas adequadas de flexibilidade de manufatura, para diferentes tipos de problemas e em diferentes segmentos industriais.

Trata-se de um problema de tomada de decisão na indústria a ser solucionado, uma vez que a escolha indevida de tipos de flexibilidade para a solução de problemas na manufatura impactará em investimentos desnecessários ou inadequados, gerando perda de capital e a indisponibilidade e ineficiência dos recursos flexíveis escolhidos para a solução de problemas.

Outro problema para os gestores de produção das indústrias nacionais está relacionado com a escassez de pesquisas no Brasil sobre o tema, o que, de certa forma, inviabiliza a aprendizagem desse assunto por meio de pesquisas nas bases de dados nacionais, por exemplo, o Scielo. Nessas bases, sobre as cinco prioridades competitivas em gestão de operações (custo, qualidade, tempo, confiabilidade e flexibilidade), aborda-se muito sobre gerenciamento de custos, gerenciamento da qualidade, gerenciamento do tempo e gerenciamento da confiabilidade, porém, pouco se discute sobre flexibilidade de manufatura. Assim, torna-se difícil algum gestor de produção aprender sobre o assunto e o que há de mais novo sobre ele, para que, posteriormente, esse mesmo gestor possa propor, por intermédio da utilização da flexibilidade, soluções para problemas na manufatura.

Até mesmo em trabalhos internacionais diretamente ligados ao tema<sup>1</sup> (aproximadamente trezentos artigos de periódicos internacionais foram pesquisados), não se encontrou uma matriz de decisão que facilitasse o leitor a tomar uma decisão

---

<sup>1</sup> Na seção 2.6 (características e organização do referencial teórico) será elucidado como as referências bibliográficas foram pesquisadas, o critério de busca, as variáveis de contorno, entre outros aspectos que permitem tal afirmativa.

sobre qual (is) tipo (s) de flexibilidade adotar para solucionar os variados tipos de problemas que ocorrem na manufatura. Muito menos de combinações mínimas de diferentes tipos de flexibilidade (composição de uma ‘carteira ideal’ de flexibilidade) que mais beneficie o processo produtivo das indústrias.

Há, sim, a existência de inúmeros trabalhos (internacionais) que explicam as diferentes taxonomias e para que elas servem, porém, sem abordar um espectro de matriz de decisão. Nesse aspecto, Suarez *et al.* (1996) até chegaram a segmentar os tipos de flexibilidade por importância, criando o funil da flexibilidade, conforme ilustra a Figura 1, porém, aquém dos propósitos aspirados pela presente tese de doutorado, conforme se pode verificar na seção 1.3 (objetivos da pesquisa).

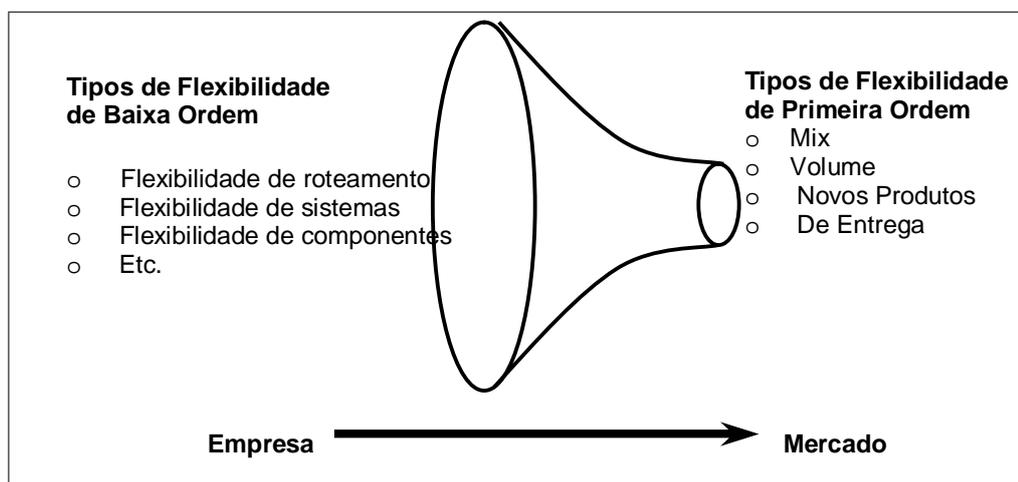


Figura 1: O “funil” de flexibilidade  
Fonte: Suarez *et al.* (1996)

## 1.2 RELEVÂNCIA ACADÊMICA E PRÁTICA DO TEMA

Apesar da existência de importantes avanços nas duas últimas décadas sobre o tema manufatura flexível, há muito trabalho que deve ser feito para elevar o entendimento desse complexo fenômeno (KARA & KAYIS, 2004). Corrêa (1994) preconizou que, não-obstante a existência de algum tipo de relação entre incerteza e flexibilidade seja reconhecido pelos principais autores da literatura, mais pesquisas seriam necessárias para prover, tanto o suporte empírico para estas relações, como uma maior compreensão dos mecanismos que as regem.

Indo ao encontro dessas observações e recomendações, propostas por Kara & Kayis (2004) e Correa (1994), julga-se que somente o fato dessa pesquisa abordar assuntos relacionados à flexibilidade de manufatura e ajudar a disseminar tal conhecimento, por si só já é uma relevância.

Outra relevância está na construção de *know-how* em flexibilidade de manufatura para diferentes tipos de indústrias, face ao estudo empírico que foi realizado com oito empresas de cinco segmentos industriais distintos e que será aqui relatado. Isso permitirá diferenciar e priorizar as diferentes taxonomias de flexibilidades, segundo o ramo de atividade de cada organização industrial.

Além da matriz de decisão sobre flexibilidade de manufatura e do *know-how* que poderá ser desenvolvido para diferentes segmentos industriais, julga-se que a disseminação de conhecimento sobre os principais tipos de problemas que estão ocorrendo atualmente (nos últimos três anos, por exemplo) em diferentes tipos de manufatura, também possa ser considerada um aspecto relevante, haja vista a capacidade que esse estudo tem de antecipar às indústrias a busca de soluções para esses problemas.

Outro aspecto relevante está na possibilidade de se encontrar novos tipos de flexibilidades de manufatura, que ainda não haviam sido explorados, para determinados tipos de problemas, a exemplo do que será visto com as flexibilidades de manufatura que as montadoras de veículos estão desenvolvendo e utilizando para a solução de problemas relacionados com fornecedores.

Além dessas oportunidades, outros fatores ressaltam a relevância acadêmica desse tipo de pesquisa, a saber:

- Nos 25 anos da revista IJOPM (*International Journal of Operations & Production Management*) em 2005, foram escolhidos os doze mais relevantes artigos para fazerem parte da edição de prata da revista, onde quatro artigos (33%) tratam diretamente sobre o assunto flexibilidade de manufatura, demonstrando-se aí o grande valor do tema;
- Serson (1996) mostra que mais de 70% dos autores sobre o tema colocam a flexibilidade como fator determinante da competitividade;

- Existe uma lacuna na literatura no que se refere ao desenvolvimento de sistemáticas que contribuam para a identificação de melhoria no processo produtivo, com foco na flexibilidade de manufatura (SAVARIS, 2003);
- Dentre 11 principais fatores que levaram 46 empresas americanas a utilizar células de manufatura, seis fatores estão relacionados à flexibilidade de manufatura (WEMMERLÖV & JOHNSON, 1997);
- Zukin & Dalcol (2000) evidenciam que as empresas fabricantes de produtos eletrônicos, de cinco grandes estados brasileiros, estão priorizando a questão da gestão das incertezas do ambiente externo e seus impactos para o ambiente interno. Entretanto, apesar dessa prioridade, essas mesmas empresas não equacionam a questão da flexibilidade para conviver com estas incertezas, devido à complexidade do assunto.

### 1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Diante da contextualização do problema e das relevâncias destacadas nas seções 1.1 e 1.2, respectivamente, julga-se cabível a tentativa de se desenvolver uma abordagem diferenciada para a prevenção de riscos na manufatura, com base nos conceitos de flexibilidade de manufatura e de gerenciamento de riscos, que ajude as organizações a minimizarem os problemas que ocorrem em seus processos produtivos. Na seqüência apresenta-se o objetivo geral e os objetivos específicos dessa pesquisa.

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Desenvolver uma matriz de decisão de flexibilidade de manufatura que associe tipos específicos de flexibilidade de manufatura a tipos específicos de problemas, de forma a auxiliar na tomada de decisão de qual (is) tipo (s) de flexibilidade de manufatura selecionar, em distintos segmentos industriais, para a solução de diferentes tipos de problemas que ocorrem na manufatura.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar, em distintos segmentos industriais, os problemas críticos que atingem a manufatura na atualidade;
- Analisar, em distintos segmentos industriais, os problemas que possuem maior ocorrência de incidências na manufatura, ou seja, que ocorrem com maior frequência;
- Analisar, junto a esses mesmos segmentos industriais, as principais ações ligadas à flexibilidade de manufatura que são recomendadas para a solução de problemas na manufatura;
- Analisar, diante da escassez de recursos para investimento em flexibilidade de manufatura, os tipos de flexibilidades mais indicados para trabalharem conjuntamente na solução de problemas;
- Propor a taxonomia de flexibilidade mais apropriada para a prevenção de problemas que ocorrem na manufatura de diferentes segmentos industriais.

### 1.4 DIRECIONAMENTO DA PESQUISA

Para que haja uma melhor compreensão dos propósitos dessa pesquisa, a Figura 2 ilustrará como o tema Flexibilidade de Manufatura trabalhará conjuntamente com o a ciência de Gerenciamento de Riscos. Como mostra a Figura 2, a Matriz de Decisão de Flexibilidade de Manufatura, objeto dessa tese, será utilizada na etapa de prevenção do Gerenciamento de Riscos (etapa envolvida por uma elipse).

Ressalta-se, aqui, que a Figura 2 foi desenvolvida com base nas Figuras 41 e 42 e com base em algumas técnicas de gerenciamento de riscos. Figuras e técnicas essas que serão abordadas no capítulo 4 da presente tese. Maiores detalhes sobre o método e a pesquisa desenvolvida estão no Capítulo 2.

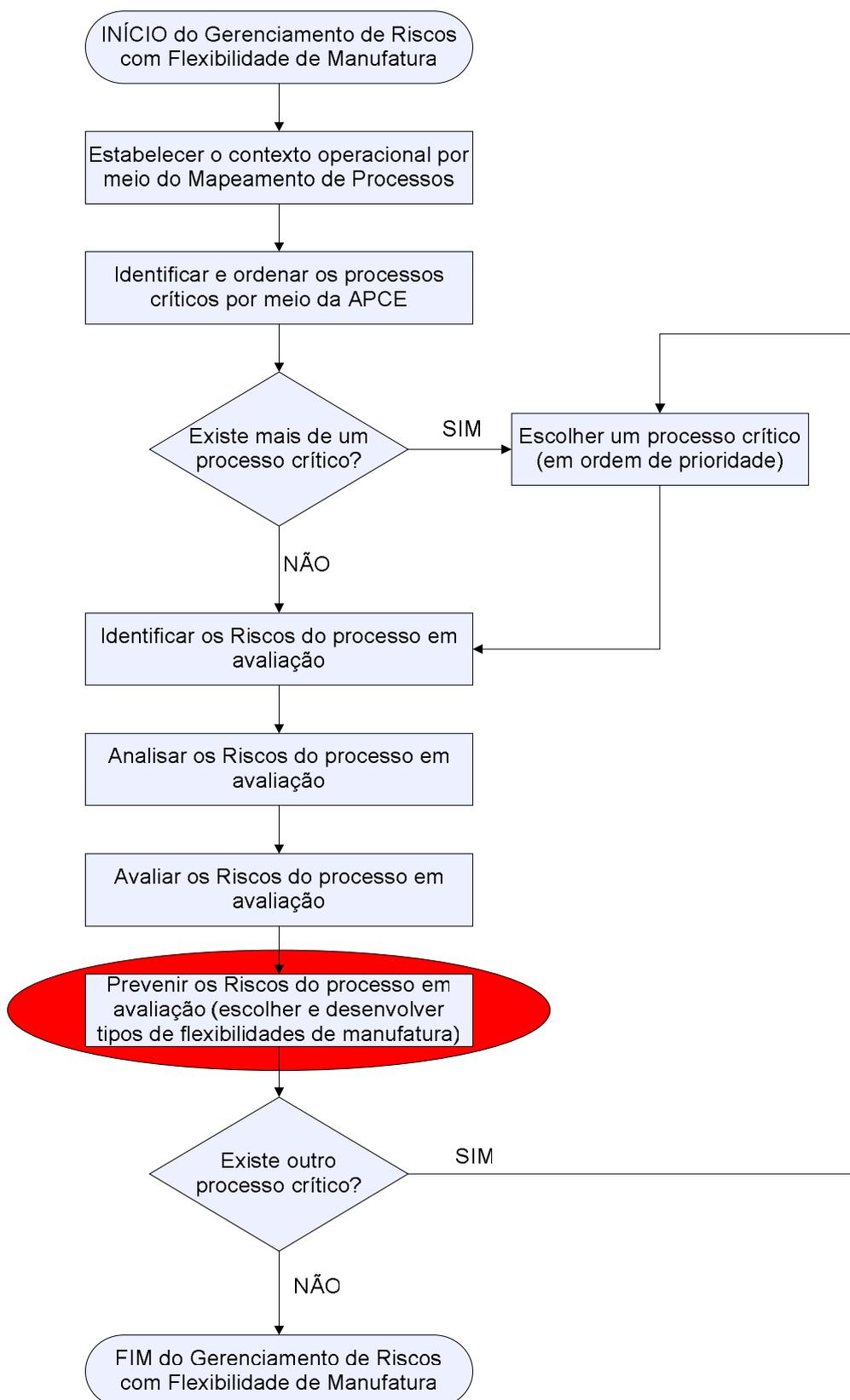


Figura 2: Gerenciamento de riscos envolvendo a flexibilidade de manufatura

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para a realização dos propósitos do presente estudo, estruturou-se seu conteúdo em capítulos, conforme segue:

No capítulo 2 – Aspectos metodológicos da pesquisa – é elucidado o desenvolvimento da pesquisa, explicitando-se, passo a passo, as etapas que foram seguidas para que o objetivo geral e os objetivos específicos pudessem ser atingidos. Nesse capítulo, chama-se a atenção para o instrumento de coleta de dados, que foi finalizado após a aplicação de quatro testes pilotos (originando quatro versões de questionários), e para a ferramenta computacional que será utilizada para o tratamento e a análise dos dados, ou seja, o *Software* Estatístico BioEstat.

Além de demonstrar como a pesquisa foi desenvolvida, esse capítulo faz classificações metodológicas à tese, caracteriza a amostra (respondentes) e as empresas pesquisadas, desenvolve conjecturas e faz alusão ao tratamento e a forma de análise dos dados.

No capítulo 3 – Riscos e incertezas no ambiente industrial – são conceituados e contextualizados os riscos e as incertezas que afetam as organizações, sobretudo os riscos operacionais na manufatura. Além disso, efetua-se uma segmentação e oferece-se uma explicação dos principais tipos de riscos existentes.

No capítulo 4 – Gerenciamento de Riscos Operacionais – são abordadas as metodologias para o gerenciamento dos riscos, as etapas necessárias para a consecução dessa atividade, a ligação entre o gerenciamento de riscos e a gestão do conhecimento e as principais ferramentas utilizadas para sua identificação, análise e avaliação.

Os dois capítulos anteriores se fazem necessários, uma vez que para se definir um *mix* adequado de flexibilidade de manufatura para o gerenciamento do risco, faz-se necessário, antes, definir quais são os tipos de riscos existentes e como gerenciá-los. Sabe-se que, são várias as fontes de incertezas, riscos e problemas e que se originam da própria indústria ou do seu ambiente. Assim, conforme Baraldi (2005), a compreensão dos riscos, especificamente sua origem, é imperiosa para a eficácia no tipo de tratamento que a empresa vai optar em realizar. Somente após o entendimento da razão da existência de cada risco, é que se poderão sugerir medidas eficazes para

mitigá-los.

No capítulo 5 – Flexibilidade de manufatura – é conceituado o tema principal da presente tese, desdobrando-o em suas principais dimensões. Também serão justificados os motivos que fazem as empresas demandarem por flexibilidade de manufatura e sua relação com a competitividade e o desempenho empresarial. Além disso, serão explanados os *trade-offs* da flexibilidade de manufatura e formas de se implantar e medir a flexibilidade.

Logo após, no capítulo 6 – Apresentação, análise e discussão dos resultados – apresentam-se os resultados levantados por meio do instrumento de coleta de dados, com os quais foi possível construir uma Matriz de decisão de flexibilidades de manufatura para a solução de problemas no ambiente operacional das indústrias. Além disso, também foi possível a construção de um procedimento, para gerenciamento de riscos, adaptado para a prevenção de problemas operacionais, onde se incluiu, em uma das etapas, a observância da matriz anteriormente descrita. Ainda nesse capítulo, ressalta-se que, diante da vasta gama de informações coletadas, os resultados foram separados e analisados por segmento empresarial, onde, por meio de quadros, organizou-se as respostas fornecidas pelos quarenta respondentes pesquisados.

No capítulo 7 – Conclusão – são descritas as principais conclusões do trabalho, onde são feitas considerações a respeito dos impactos dos riscos nos resultados operacionais das organizações fabris e como minimizá-los ou mitigá-los por meio das diferentes dimensões de flexibilidade de manufatura, além das considerações finais da presente tese de doutorado. Além disso, nesse capítulo, são efetuadas recomendações de âmbito acadêmico (sugestões de novas pesquisas e aprofundamento em aspectos que não fizeram parte dos objetivos) e profissional (sugestão às empresas dos segmentos industriais analisados).

## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A justificativa para se incluir um capítulo sobre metodologia de pesquisa em uma tese de doutorado de tema relacionado à Engenharia de Produção está pautada, primeiramente, na dimensão, proporção e relevância que esse tema tem tomado dentro da Engenharia de Produção (CAUCHICK MIGUEL, 2007). Outro motivo, talvez o mais relevante deles, está no desenvolvimento de um roteiro consistente que permita ao leitor entender as etapas do método e da pesquisa adotado. Inclui-se aí a classificação de pesquisa, instrumento de coleta de dados, a caracterização da amostra, o tratamento e análise estatística de dados, entre outros aspectos.

É interessante, antes de tudo, sanar uma dúvida muito comum e freqüente entre os conceitos de metodologia e método. Segundo vários dicionários da Língua Portuguesa, metodologia é o estudo científico dos métodos que tem por finalidade dirigir e guiar o pesquisador na investigação da verdade. De uma maneira bem similar, Richardson (1999) define metodologia como o estudo dos caminhos e dos instrumentos usados para se fazer ciência. É uma disciplina a serviço da pesquisa, tendo como função básica orientar o caminho da pesquisa. Ruiz (1996), sendo bem objetivo e enfático, define que metodologia de pesquisa científica é o estudo dos métodos.

Observa-se, então, pelas definições anteriores, que a metodologia engloba os métodos, ou seja, os métodos pertencem ao âmbito da metodologia, sendo que, segundo Santos (2003), método significa o conjunto de etapas e processos a serem vencidos, ordenadamente, na investigação dos fatos ou na procura da verdade.

Para Richardson (1999), o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que permite, com segurança, alcançar o objetivo, que são os conhecimentos válidos e verdadeiros. O método traça o caminho a ser seguido, auxiliando os cientistas nas suas decisões. É o processo racional que se segue para chegar a um fim, ou seja, um modo ordenado de proceder algo. Dessa forma, o método traz segurança para o pesquisador, uma vez que traça as etapas a serem seguidas e como executá-las.

Para a presente pesquisa, adotou-se o método de abordagem hipotético-dedutivo e os métodos de procedimentos comparativo, monográfico e estatístico. Utilizou-se o

método de abordagem hipotético-dedutivo por esse método partir pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual se formulam conjecturas e, pelo processo de inferência dedutiva, testa-se a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pelas conjecturas (MARCONI & LAKATOS, 2004).

Outro motivo para a escolha dessa abordagem se deu em função dos recursos disponíveis para a consecução da pesquisa, pois se trata de um campo com base bibliográfica ainda restrita<sup>2</sup>. A Figura 3 apresenta o método original hipotético-dedutivo proposto por Marconi & Lakatos (2004), e a Figura 4 mostra o mesmo método, porém adaptado para esse trabalho.

Quanto aos métodos e procedimentos adotados, Marconi & Lakatos (2006) defendem que o estudo de determinados indivíduos, profissões e instituições (método monográfico) permitem comparações com a finalidade de verificar similaridades e explicar divergências (método comparativo), reduzindo os fenômenos sociais, políticos, econômicos, etc. a termos quantitativos e a manipulação estatística que permitam comprovar as relações dos fenômenos entre si, e obter generalizações sobre a natureza, ocorrência ou significado (método estatístico).

Assim, julga-se que aplicação de questionários específicos nessa tese de doutorado, junto a profissionais ligados à manufatura em empresas fabris, permitirá comparar quais tipos de flexibilidade são mais e menos usados na solução de problemas da indústria, bem como proporcionar melhor compreensão sobre o tema.

---

<sup>2</sup> Quando o objeto de estudo diz respeito à seleção de diferentes tipos de flexibilidade para o gerenciamento de riscos na manufatura.

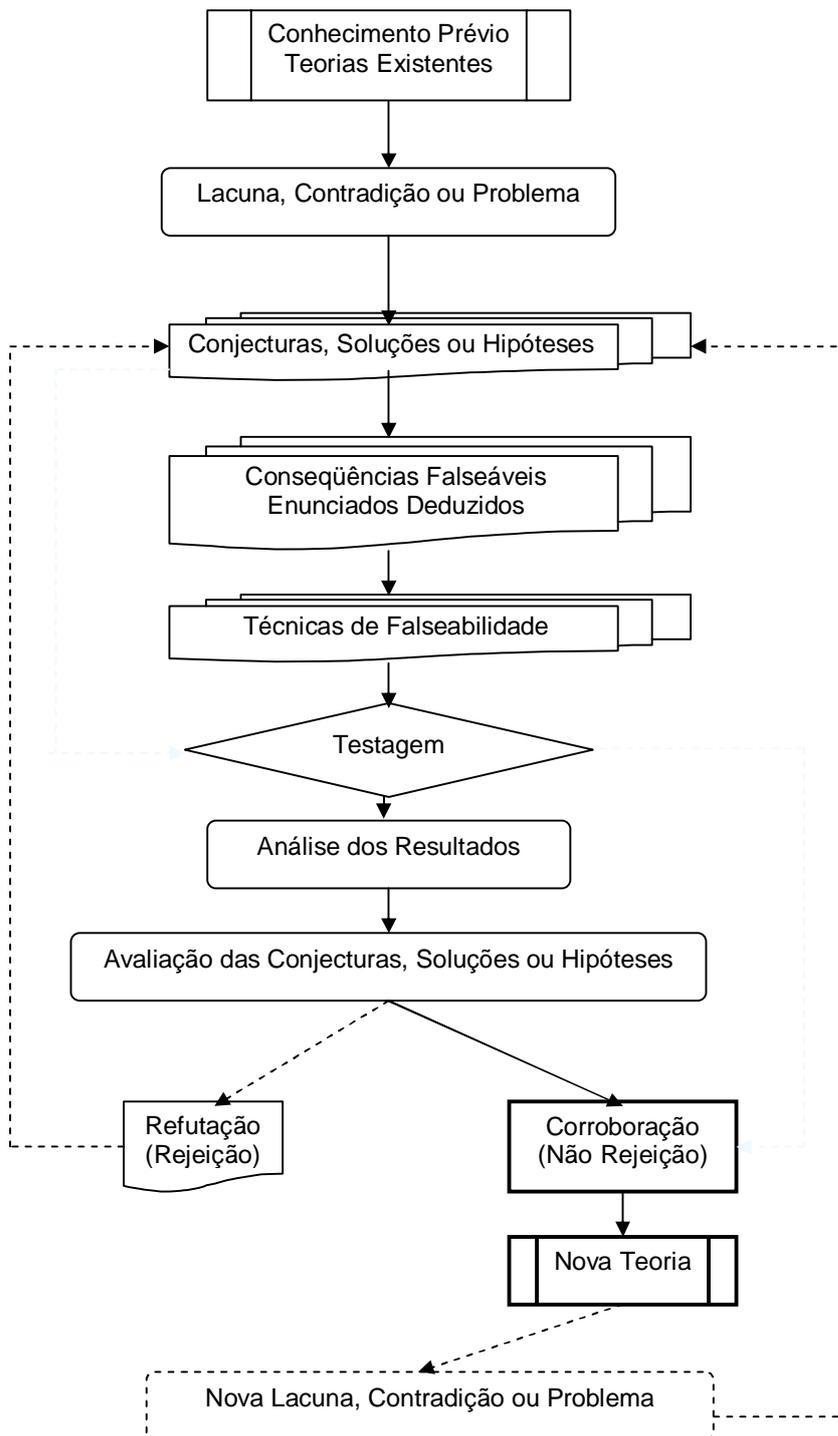


Figura 3: Esquematização completa do método hipotético-dedutivo  
 Fonte: Marconi & Lakatos (2004)

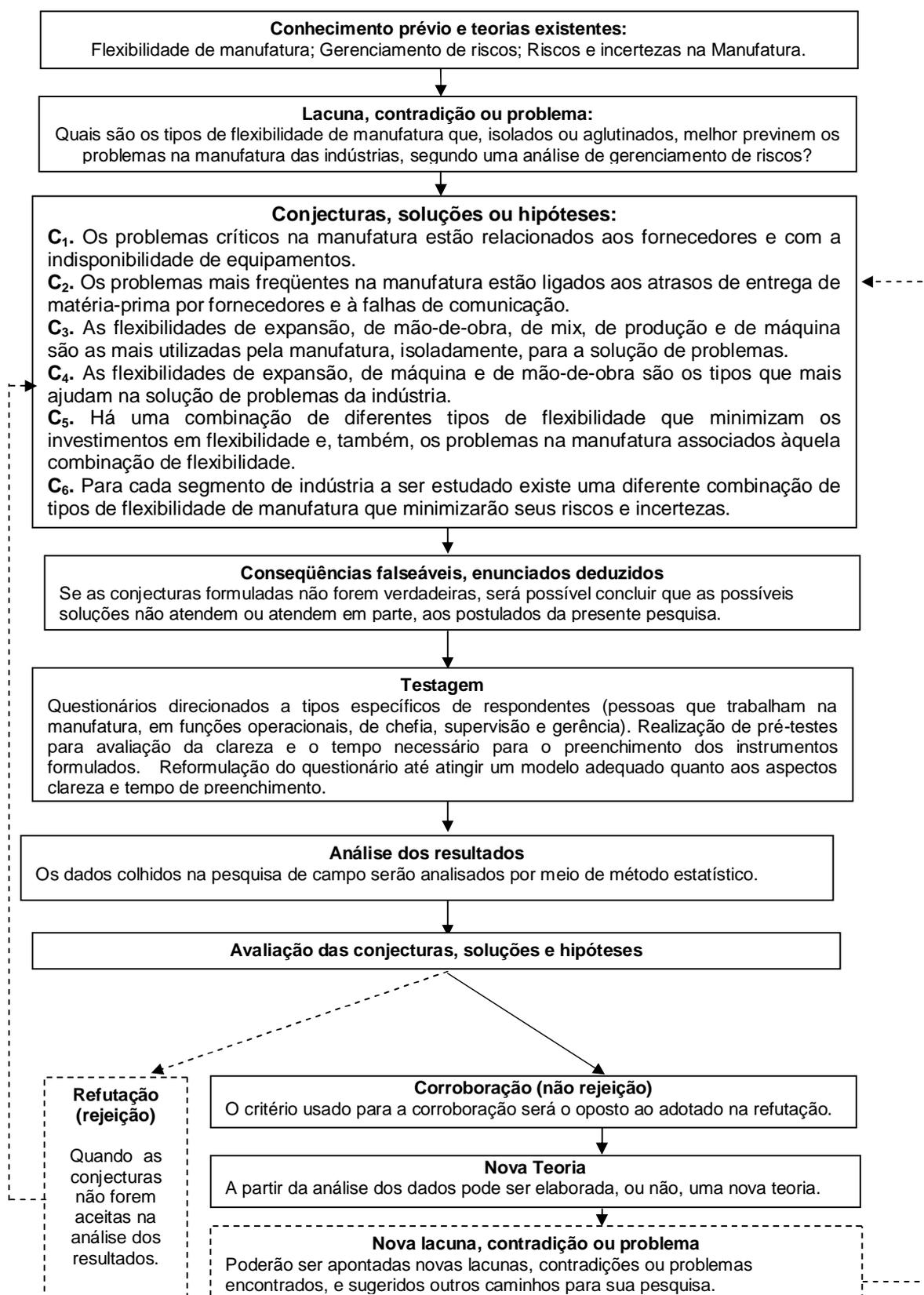


Figura 4: Esquema do método adaptado para a pesquisa  
Fonte: Adaptado de Marconi & Lakatos (2004)

## 2.1 TIPO DE PESQUISA

Gil (2002) define pesquisa científica como uma realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência, sendo um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.

Segundo Santos (2003, p. 171):

A pesquisa pode ser classificada ou dividida de duas maneiras: a primeira, com base nos procedimentos técnicos utilizados pelo pesquisador, e a segunda se baseia nos objetivos pretendidos. Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser exploratória, descritiva e explicativa. Já quanto aos procedimentos, ela pode ser: bibliográfica, documental, experimental, *ex post facto*, levantamento, estudo de caso, pesquisa-ação e pesquisa-participante.

As pesquisas exploratórias são aquelas que têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir conjecturas. As descritivas têm como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. As explicativas têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando mais o conhecimento da realidade porque explica a razão e o porquê das coisas (MARCONI & LAKATOS, 2004).

Quanto à natureza das variáveis pesquisadas e a forma de abordagem do problema, de acordo com Richardson (1999), a pesquisa pode ser qualitativa ou quantitativa. Segundo o autor, a pesquisa quantitativa caracteriza-se pelo emprego da quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Já a qualitativa não emprega, em princípio, um instrumental estatístico com base no processo de análise de um problema. No qualitativo não se pretende numerar ou medir unidades ou categorias, uma vez que se caracteriza como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados. Segundo Marconi &

Lakatos (2004), no método quantitativo, os pesquisadores se valem de amostras amplas e de informações numéricas, ao passo que no método qualitativo as amostras são reduzidas, onde os dados são analisados em seu conteúdo psicossocial e os instrumentos de coleta não são estruturados.

Referente à natureza da pesquisa, Gil (2002) classifica a pesquisa em básica, quando objetiva gerar conhecimentos novos e úteis para o avanço da ciência, sem aplicação prática prevista; e, aplicada, quando tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática na solução de problemas específicos.

As informações contidas nessa subseção possuem por finalidade facilitar a caracterização da presente pesquisa quanto aos seus objetivos, procedimentos, natureza da pesquisa e natureza das informações. Assim, por se pretender desenvolver uma Matriz de Tomada de Decisão em Gerenciamento de Riscos Operacionais que melhor beneficie os sistemas produtivos das organizações fabris, pode-se classificar essa pesquisa como sendo:

- Descritiva e exploratória quanto a seus objetivos. Descritiva uma vez que visa estabelecer uma relação entre diferentes tipos de flexibilidade e riscos na manufatura; e Exploratória, pois têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito;
- Qualitativa e quantitativa quanto à natureza das variáveis, uma vez que no instrumento de coletas de dados a ser utilizado, há tanto questões quantitativas como qualitativas. Existem perguntas qualitativas que identificam a presença ou ausência de algo e perguntas quantitativas que procuram medir o grau em que algo está presente. Segundo Goode & Hatt<sup>3</sup> (1973 *apud* RICHARDSON, 1999, p. 79), a pesquisa moderna deve rejeitar como uma falsa dicotomia a separação entre estudos qualitativos e quantitativos, ou entre ponto de vista estatístico e não estatístico;
- Levantamento quanto aos seus procedimentos, uma vez que um questionário estruturado com perguntas sobre a percepção dos respondentes quanto a incertezas, riscos, problemas na manufatura, tipos de flexibilidade, entre

---

<sup>3</sup> GOODE, W. & HATT, P. K. **Métodos em pesquisa social**. São Paulo: Nacional, 1973 *apud* RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

outras questões inerentes ao tema, foi utilizado. Justifica-se tal opção em virtude de seu objetivo ser identificar, relacionar e tratar um problema sobre o qual se pretende descrever uma dada situação atual (GIL, 2002). Julga-se a pesquisa de Levantamento mais adequada para se atingir o objetivo proposto em virtude de suas características, conforme segue: i) Gera medidas precisas e confiáveis que permitam análise estatística; ii) mede opiniões, atitudes, preferências, comportamentos de um determinado grupo de pessoas;

A orientação para a escolha deste tipo de pesquisa encontra respaldo em Gil (2002), Richardson (1999) e Santos (2003), que apresentam as seguintes funções: aumentar o conhecimento do pesquisador acerca do fenômeno estudado; esclarecer conceitos; estabelecer prioridades para pesquisas futuras; e obter informações sobre as possibilidades práticas de realização de uma pesquisa em situações reais.

## 2.2 CONJECTURAS DA PESQUISA

Considerando que o processo de pesquisa consiste em saber se determinada resposta a um problema se ajusta ou não à realidade ou se é confirmada pelos fatos, Richardson (1999) defende que o pesquisador não pode empreender a busca de soluções para seu problema sem, previamente, procurar algum tipo de orientação. Após delimitar o que estudar, o pesquisador deve perguntar quais são as possíveis respostas ao problema e escolher as que lhe parecem as mais adequadas possíveis. Essas possíveis respostas são as conjecturas da pesquisa (RICHARDSON, 1999).

Segundo Santos (2003) e Gil (2001), as conjecturas podem ser definidas como soluções tentativas, ou seja, como proposições testáveis que podem vir a se tornar a solução do problema. Sua formulação é aspecto importante para o desenvolvimento de uma pesquisa, uma vez que o pesquisador está interessado em procurar soluções para o problema de investigação formulado. Nesse caso, as conjecturas determinam a adequação dessas soluções tentativas como fundamentos explicativos (MARCONI & LAKATOS, 2004).

Conforme Santos (2003), não existem regras fixas para formular conjecturas e, devido a tal, sua formulação demanda habilidade, criatividade e conhecimento do

assunto estudado.

Como solução provisória para o problema central dessa pesquisa, seis conjecturas foram desenvolvidas a partir da percepção que o pesquisador dessa tese teve sobre o tema flexibilidade de manufatura. Essa percepção ocorreu durante a leitura e estudo do referencial bibliográfico que foi utilizado para a formação do referencial teórico que culminou na constituição dos capítulos 3, 4 e 5 . Essas conjecturas são descritas a seguir e serão testadas, e então refutadas ou corroboradas por meio da análise de resultados do instrumento de coleta de dados:

- C<sub>1</sub>. Os problemas críticos na manufatura estão relacionados com fornecedores e com a indisponibilidade de equipamentos;
- C<sub>2</sub>. Os problemas mais freqüentes na manufatura estão ligados aos atrasos de entrega de matéria-prima por fornecedores e a falhas de comunicação;
- C<sub>3</sub>. As flexibilidades de expansão, de mão-de-obra, de produção, de *mix* e de máquina são as mais utilizadas pela manufatura, conjunta ou isoladamente, para a solução dos problemas críticos que ocorrem na manufatura;
- C<sub>4</sub>. As flexibilidades de expansão, de máquina e de mão-de-obra são os tipos que mais ajudam na solução de problemas na manufatura;
- C<sub>5</sub>. Há uma combinação de diferentes tipos de flexibilidade que minimizam os investimentos em flexibilidade e, também, os problemas na manufatura associados àquela combinação de flexibilidade;
- C<sub>6</sub>. Para cada segmento de indústria a ser estudado existe uma diferente combinação de tipos de flexibilidade de manufatura que minimizarão seus riscos e incertezas.

### 2.3 INFORMAÇÕES SOBRE AS EMPRESAS PESQUISADAS

Quando se deseja colher informações sobre um ou mais aspectos de um grupo grande ou numeroso, verifica-se, muitas vezes, ser praticamente impossível fazer um levantamento do todo (MARCONI & LAKATOS, 2006). Como o foco da presente pesquisa foi estudar a flexibilidade de manufatura em empresas industriais e como existem 151.977 indústrias de transformação no Brasil (IBGE, 2006), julgou-se

inviável e impraticável, em termos de tempo, custo e acesso às informações, a pesquisa desse universo de indústrias. Daí a necessidade de investigar apenas uma parte (amostra) dessa população.

Aqui se apresentam as informações necessárias para o conhecimento das empresas a serem pesquisadas e suas respectivas amostras, ou seja, empresas abordadas e funcionários que responderão ao instrumento de coleta de dados.

Foram selecionadas empresas do mesmo ramo de atividade e produção (indústria automotiva) e empresas de ramos de atividade e produção diferentes, para testar se nas montadoras de veículos os tipos de flexibilidade escolhidos seriam similares entre essas empresas; e se seriam diferentes quando comparados com as demais indústrias.

Seguindo essa premissa, optou-se por pesquisar oito empresas. Quatro delas ligadas à indústria automotiva e quatro delas segmentadas em diversos ramos produtivos, mais precisamente produção de equipamentos, vidros, pneus e produtos químicos.

Outro fator preponderante para a escolha dessas empresas se deve ao autor possuir atuação profissional na Região Sul Fluminense, onde possui contato com seis das oito empresas a serem pesquisadas. Outras duas empresas, que estão fora do Estado do Rio de Janeiro, foram escolhidas com base no contato que o autor possui com executivos dessas, o que facilitou a coleta de dados. Conforme Richardson (1999), é essencial que haja uma pré-disposição favorável das empresas pesquisadas ao trabalho do pesquisador e que a amostra, de alguma forma, também favoreça essa abertura. Esta pré-disposição é necessária, principalmente, em função do tempo gasto nos levantamentos, do interesse das pessoas envolvidas e do acesso a documentos e informações de uso exclusivo da empresa.

Por questões de sigilo, os nomes dessas empresas serão resguardados, sendo elas denominadas: MONTADORA DE VEÍCULOS UM, MONTADORA DE VEÍCULOS DOIS, MONTADORA DE VEÍCULOS TRÊS e MONTADORA DE VEÍCULOS QUATRO para as montadoras de veículos e INDÚSTRIA QUÍMICA, INDÚSTRIA DE PNEUS, INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS e INDÚSTRIA DE VIDROS para as demais empresas. Adianta-se aqui que todas elas são empresas multinacionais de grande porte, com milhares de funcionários diretos e indiretos.

Uma vez definido o universo do estudo empírico, partiu-se para a escolha da amostra. A amostragem pode ser probabilística - em que cada elemento da população tem uma chance conhecida e diferente de zero de ser selecionado para compor a amostra e a não-probabilística - em que a seleção dos elementos da população para compor a amostra depende do julgamento do pesquisador (SANTOS, 2003). Aqui, a amostra foi composta por funcionários que trabalhavam na manufatura em cargos táticos (cinco funcionários para cada uma das oito empresas pesquisadas), ou seja, optou-se pela amostragem não-probabilística intencional, para que fossem incluídos elementos, com características específicas, que poderiam não ser obtidos por meio de uma amostra aleatória (MARTINS, 2005).

#### 2.4 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Para Richardson (1999), todo o trabalho de planejamento e execução das etapas do processo de pesquisa se consolida no instrumento de coleta de dados. Para Gil (2002), os instrumentos de coleta de dados mais utilizados e adequados são o questionário, o formulário e a entrevista.

A entrevista é o diálogo com o objetivo de colher dados relevantes para a pesquisa. Os quesitos devem ser bem elaborados e a pessoa a ser entrevistada deve ser criteriosamente selecionada. Aqui o informante fala e o entrevistador registra as informações (RICHARDSON, 1999).

O formulário é uma espécie de questionário que é preenchido pelo pesquisador à medida que o informante vai fornecendo as respostas. Deve ser preenchido com muita atenção, para não distorcer a informação que o pesquisado está fornecendo (RICHARDSON, 1999).

O questionário é outro instrumento de coletas de dados muito usado, onde o informante responde por escrito às questões que foram previamente elaboradas. Conforme Richardson (1999), o questionário não possui normas rígidas a respeito de sua elaboração. Porém, Gil (2002) recomenda que ele seja: i) de, preferencialmente, perguntas fechadas; ii) com perguntas que se referem a uma única idéia de cada vez; iii) iniciado com perguntas simples e finalizado com as mais complexas; iv) com

número de perguntas limitados ao tempo de resposta entre trinta minutos e uma hora; v) com perguntas que favoreçam os procedimentos de tabulação e análise de dados; vi) com questões que estejam relacionadas com as conjecturas da pesquisa.

Para esta tese, adotou-se o questionário como instrumento de coleta de dados. Fazendo uma correlação entre as perguntas com as conjecturas da pesquisa e utilizando-se de um teste piloto, que será detalhado na subseção 2.4.1, obteve-se as questões da coluna esquerda do Quadro 1.

Quadro 1: Correlação entre conjecturas e questões para a coleta de dados

Questões	Conjecturas
1) Na sua opinião, quais são os problemas da indústria, mais precisamente na manufatura, cujos acontecimentos prejudicam o bom andamento do processo produtivo?	<p>C<sub>1</sub>. Os problemas críticos na manufatura estão relacionados a fornecedores e a indisponibilidade de equipamentos;</p> <p>C<sub>2</sub>. Os problemas mais freqüentes na manufatura estão ligados a atrasos de entrega de matéria-prima por fornecedores e falhas de comunicação.</p>
2) Por ordem de gravidade (severidade) e importância, CLASSIFIQUE os problemas citados na questão anterior (questão 1). O pior problema (mais prejudicial) deve ser classificado com o número 1; O segundo pior problema deve ser classificado com o número 2; o terceiro pior problema deve ser classificado com o número 3, e assim sucessivamente.	C <sub>1</sub> . Os problemas críticos na manufatura estão relacionados a fornecedores e indisponibilidade de equipamentos.
3) Nessa questão, indique a freqüência que cada problema ocorre na organização que você trabalha, onde 1 indica que o problema nunca ocorre; 2 indica que raramente ocorre; 3 indica que às vezes ocorre; 4 indica que ocorre freqüentemente; e 5 indica que sempre ocorre.	C <sub>2</sub> . Os problemas mais freqüentes na manufatura estão ligados a atrasos de entrega de matéria-prima por fornecedores e falhas de comunicação.
4) Para cada um dos problemas apontados por você na primeira questão desse questionário, gostaríamos que identificasse quais das flexibilidades ajudariam a minimizar e, até mesmo resolver, os referidos problemas. Para cada subitem marque um “X” para o (s) problema (s) que cada tipo de flexibilidade de manufatura se aplica. Não havendo aplicação, marque NA (Não se Aplica).	C <sub>3</sub> . As flexibilidades de expansão, de mão-de-obra, de <i>mix</i> , de produção, e de máquina são as mais utilizadas pela manufatura para a solução dos problemas críticos que ocorrem na manufatura.
5) Para cada tipo de flexibilidade, atribua uma nota de 1 à 5, onde 1 indica que a flexibilidade não ajuda em nada na solução de problemas ou não se aplica; 2 indica que ajuda pouco; 3 indica que ajuda razoavelmente; 4 indica que ajuda bastante; e 5 indica que a flexibilidade é imprescindível para a solução de problemas. Para tanto, basta marcar um “X” na pontuação correspondente a cada tipo de flexibilidade.	C <sub>4</sub> . As flexibilidades de expansão, de máquina e de mão-de-obra são os tipos que mais ajudam na solução de problemas da indústria.
6) Se por um lado a empresa necessita investir (gastar dinheiro) para adquirir flexibilidade, por outro lado a flexibilidade de manufatura ajuda a minimizar e resolver alguns tipos de problema nas fábricas. Em tese, quanto mais flexível é uma empresa, menos problemas ela terá, porém maiores investimentos serão necessários. A maior dificuldade está nessa dosagem, ou seja, quanto investir e em quais tipos de flexibilidade investir. Dessa forma, gostaríamos de saber, na sua opinião, quais tipos de flexibilidade de manufatura você julga indispensável para sua empresa.	<p>C<sub>5</sub>. Há uma combinação de diferentes tipos de flexibilidade que minimizam os investimentos em flexibilidade e, também, os problemas na manufatura associados àquela combinação de flexibilidade.</p> <p>C<sub>6</sub>. Para cada segmento de indústria a ser estudado existe uma diferente combinação de tipos de flexibilidade de manufatura que minimizarão seus riscos e incertezas.</p>

Conforme se observa no Quadro 1, optou-se por mesclar perguntas abertas, fechadas, quantitativas, qualitativas, com escalas atitudinais, com classificação de prioridades, entre outros aspectos, de forma a coletar as informações que atendessem aos objetivos da pesquisa com o menor tempo, menor custo, que não fosse maçante aos respondentes, com baixo risco de trazer vieses aos resultados da pesquisa, entre outros aspectos relevantes. A primeira pergunta, por exemplo, permite ao respondente incluir os principais tipos de problemas que ocorrem na manufatura, sem que essa pergunta esteja atrelada a problemas pré-estabelecidos pelo questionário/pesquisador. Dessa forma, concede-se ao entrevistado a liberdade de responder o que ele julgar ser mais relevante, segundo suas percepções e conhecimentos sobre o assunto.

Quanto à coleta de dados, optou-se pela utilização da Internet para facilitar o acesso ao respondente, por meio de um instrumento de coleta de dados autopreenchido, ou seja, o questionário é lido e preenchido diretamente pelos pesquisados na própria página da Internet. A opção por essa abordagem se deve aos seguintes motivos:

- a) Facilidade de acesso do respondente ao instrumento de coleta de dados;
- b) Facilidade de preenchimento;
- c) Não possui problemas de devolução de e-mails, no caso de utilização de correios eletrônicos para enviar o questionário anexado;
- d) Não existe temor do respondente em contrair um vírus de computador, ao abrir um email com um arquivo em anexo;
- e) Não consome tempo com deslocamentos do pesquisador para entregar cada instrumento de coleta de dados aos respondentes;
- f) Não gera custos com deslocamentos;
- g) Proporciona comodidade ao respondente, que pode preencher o questionário a hora que melhor lhe convier;
- h) Economiza tempo do pesquisador, uma vez que todos os respondentes podem responder o questionário simultaneamente; e
- i) Facilita o tratamento e análise de dados, uma vez que o banco de dados desenvolvido na *Home Page* do provedor, onde está alocado o questionário, segmenta e tabula grande parte das informações coletadas.

### **2.4.1 Teste piloto do questionário e seus resultados**

O teste piloto ou o pré-teste do instrumento de coleta de dados consiste em saber como o questionário se comporta numa situação real de coleta de dados. Segundo Mattar (1996), ele busca verificar:

- a) Se os termos utilizados nas perguntas são de compreensão dos respondentes;
- b) Se as perguntas estão sendo entendidas como deveriam ser;
- c) Se a seqüência das perguntas está correta;
- d) Se não há objeções na obtenção das respostas;
- e) Se o tempo demandado no seu preenchimento é extenso;

Para os testes pilotos foram designados 10 profissionais que trabalham na manufatura de duas empresas da Região Sul Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Nesse grupo de funcionários constam pessoas que trabalham como operadores ou supervisores ou como gerentes de produção.

O instrumento de coleta de dados passou por quatro mudanças, desde sua primeira versão até chegar ao questionário final. Essas mudanças ocorreram como fruto dos resultados da aplicação dos testes pilotos. Além disso, sempre no desenvolvimento da próxima versão do instrumento de coleta de dados, contou-se com a colaboração de pesquisadores que já desenvolveram e aprovaram artigos em periódicos nacionais e internacionais, artigos de congressos, dissertações, teses e orientações sobre o tema flexibilidade de manufatura.

A seguir, comentar-se-á sobre cada versão e os motivos que fizeram que essa fosse melhorada para a versão subsequente.

As Figuras 5 e 6 representam a primeira versão do instrumento de coleta de dados. Essa versão foi desenvolvida no Microsoft Word.

**PARTE 1**

**QUESTÃO 1.** Na sua opinião, quais são os problemas da indústria, mais precisamente na manufatura, cujas ocorrências impedem que o processo produtivo ocorra conforme o planejado? *(Cite, no máximo, até 10 (dez) problemas)*

---



---



---

**QUESTÃO 2.** Por ordem de gravidade (severidade), por favor, reescreva os problemas citados na questão anterior (questão 1). Nesse caso, quanto maior for a relevância do problema, maior será seu impacto prejudicial para a empresa. Dessa forma, o primeiro problema é o mais grave e o último problema da lista será o menos grave. Caso o espaço da linha abaixo não seja suficiente, por favor, utilize uma palavra "chave" que permita identificar cada problema da questão anterior.

**QUESTÃO 3.** Nessa questão gostaríamos que pontuasse cada um dos problemas ordenados na questão anterior (questão 2), atribuindo-lhes notas de 1 à 5, onde 1 indica que o problema é pouco prejudicial e 5 significa que o problema é muito prejudicial para a organização. Para tanto, basta marcar um "X" na pontuação correspondente a cada problema da tabela abaixo. OBS.: Os problemas nas tabelas das questões 3 e 4 seguem a mesma ordem (estão agrupados na mesma seqüência) dos problemas da tabela da questão 2.

**QUESTÃO 4.** Nessa questão, por favor, indique com qual freqüência cada problema ocorre na organização que você trabalha. Para tanto, marque um "X" no campo correspondente ao número de vezes. Lembre-se que cada problema relatado por você segue a mesma seqüência desde a questão 2. OBS.: o sinal mais (+) da tabela abaixo significa mais de 10 ocorrências no mês. Caso não haja nenhuma ocorrência, favor marcar zero.

Problemas por ordem de relevância		Pontuação					Freqüência Mensal de Ocorrência											
	Problemas	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+
01	01																	
02	02																	
03	03																	
04	04																	
05	05																	
06	06																	
07	07																	
08	08																	
09	09																	
10	10																	

Figura 5: Primeira parte do instrumento de coleta de dados versão 1.0

**PARTE 2**

**QUESTÃO 5.** Para os problemas apontados por você na primeira parte desse questionário, gostaríamos que identificasse quais das flexibilidades abaixo (tipos de flexibilidade) ajudariam a minimizar e, até mesmo resolver, os referidos problemas. Para que tal identificação seja possível, cada tipo de flexibilidade de manufatura é definido na coluna central da tabela abaixo. Dessa forma, marque um "X" para o (s) tipo (s) de problema (s) que cada tipo de flexibilidade de manufatura se aplica. Não havendo aplicação, marque NA (Não se Aplica). Os problemas estão informados na coluna 3 em forma de números que correspondem à ordem dos problemas por relevância da questão de número 2.

**QUESTÃO 6.** Para cada tipo de flexibilidade da questão 5, atribua uma nota de 1 à 5, onde 1 indica que a flexibilidade é pouco relevante para a solução do problema. Para tanto, basta marcar um "X" na pontuação correspondente a cada tipo de flexibilidade ao lado esquerdo da tabela abaixo. Caso tenha marcado Não se Aplica (NA) na questão 5, também marque NA nessa questão.

Tipo de Flexibilidade	Definição	Número identificador de cada tipo de problema, conforme questão 2											Pontuação						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NA	1	2	3	4	5	NA	
Flexibilidade de entrega	Capacidade da fábrica de se enquadrar as alterações dos requisitos de entrega.																		
Flexibilidade de expansão	Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.																		
Flexibilidade de máquina	Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha), sem gerar perdas à fábrica em função dos tempos de troca.																		
Flexibilidade de mão-de-obra	Habilidade dos funcionários executarem diferentes atividades na fábrica.																		
Flexibilidade de mix	Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grandes perdas à fábrica.																		
Flexibilidade de modificação	Capacidade da fábrica absorver as alterações de projeto ou processo sem gerar grandes perdas para a fábrica.																		
Flexibilidade de movimentação de material	O número de caminhos existentes entre centros de processamento e a variedade de material que pode ser transportado ao longo desses caminhos.																		
Flexibilidade de operação	A existência de processos e caminhos alternativos para o processamento do produto, ou seja, a capacidade de absorver diferentes seqüências de processamento.																		
Flexibilidade de produção	Capacidade de produzir novos produtos sem a necessidade de investimento em novos equipamentos.																		
Flexibilidade de produto	Facilidade de adicionar e/ou substituir produtos ao sistema produtivo da fábrica.																		
Flexibilidade de roteamento	Capacidade de processar (trabalhar) a mesma peça com diferentes rotas dentro da fábrica.																		
Flexibilidade de volume	Capacidade da fábrica operar de forma lucrativa em diferentes volumes de produção.																		

Figura 6: Segunda parte do instrumento de coleta de dados versão 1.0

Após o teste piloto, constataram-se os seguintes aspectos:

- a) O questionário poderia ser enviado por e-mail, porém não poderia ser retornado pela mesma via, face seu preenchimento ser manual;
- b) O questionário não permitia correções. Se o respondente desejasse mudar sua opinião, teria que rasurar o documento, o que, de certa forma, poderia intimidar os entrevistados alterarem suas respostas;
- c) Segundo os participantes do teste piloto, as questões ficaram “emboladas”;
- d) As questões foram desenvolvidas em forma de cascata, ou seja, as respostas das questões subsequentes dependiam das respostas das questões anteriores. Como o questionário era respondido em folha impressa, não havia condições de utilizar recursos computacionais para diminuir o trabalho dos respondentes, o que gerou tempos em demasia e cansaço em seu preenchimento;
- e) Exatamente pelas questões estarem interligadas, exigia-se uma atenção redobrada por parte dos respondentes, sempre os fazendo retornarem às questões anteriores para consultarem as respostas dadas, o que poderia causar erros involuntários;
- f) Dificuldade na organização e tabulação dos dados;
- g) Geração de documento em papel em excesso, prejudicando seu controle e arquivamento;
- h) Desperdícios com papel e tinta de impressora;
- i) Instrumento de coleta de dados, indiretamente, prejudicial ao meio ambiente;

A versão 2 do questionário, representada pelas Figuras de 7 até 15, foi desenvolvida no Microsoft Excel e procurou corrigir as dificuldades e problemas encontrados na versão anterior.

Branco [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

**Prezado respondente,**

Este questionário faz parte da tese de Doutorado em Engenharia Mecânica de Uafison Rêbula de Oliveira, da Universidade Estadual Paulista. No mesmo busca-se identificar os principais problemas que ocorrem no ambiente de manufatura das indústrias e suas respectivas soluções, através da flexibilidade de manufatura. Assim solicitamos sua colaboração, com alguns minutos de sua atenção, para o preenchimento do mesmo. Ressaltamos que todas as perguntas estão interligadas, onde a terceira pergunta, por exemplo, depende da resposta da segunda e esta, por sua vez, da resposta da primeira, e assim sucessivamente até a sexta pergunta. Sua participação é fundamental para o sucesso desta pesquisa, pela qual somos antecipadamente gratos.

Dados do respondente:



Empresa: Exemplo

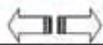
Nome: Fulano

Cargo: 1

Figura 7: Instruções para preenchimento do questionário versão 1.1

Branco [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

1. Na sua opinião, quais são os problemas da indústria, mais precisamente na manufatura, cujos acontecimentos prejudicam o bom andamento do processo produtivo? *(Cite até 10 (dez) problemas, onde cada tipo de problema deve ser escrito, separadamente, por linha. Não se preocupe com a ordem que os problemas serão escritos. Basta apenas listá-los).*



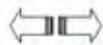
Resposta Questão 1  
*(Cite até dez problemas)*

teste 1
teste 2
teste 3
teste 4
teste 5
teste 6

Figura 8: Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

Branco [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

2. Por ordem de gravidade (severidade) e importância, **CLASSIFIQUE** os problemas citados na questão anterior (questão 1). O pior problema (mais prejudicial) deve ser classificado com o número **1**. O segundo pior problema deve ser classificado com o número **2**; o terceiro pior problema deve ser classificado com o número **3**, e assim sucessivamente. *(Para a classificação dos problemas, por favor utilize o espaço das células azuis; Para agilizar o processo, os problemas respondidos na questão 1 foram automaticamente replotados para essa questão).*



Resposta Questão 2  
*(utilize as linhas da coluna ao lado, para a classificação)*

Classificação	Problemas
3	teste 1
4	teste 2
1	teste 3
5	teste 4
2	teste 5
6	teste 6

Figura 9: Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

Brança [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

3. Nessa questão gostaríamos que pontuasse cada um dos problemas classificados na questão anterior (questão 2), atribuindo-lhes notas de 1 à 5, onde 1 indica que o problema é irrelevante, 2 significa que o problema é pouco prejudicial, 3 significa que o problema é razoavelmente prejudicial, 4 indica que o problema é potencialmente prejudicial, e 5 indica que o problema é muito prejudicial para a organização. Para tanto, basta marcar um "X" na pontuação correspondente a cada problema. (A escala em amarelo, abaixo, indica o significado de cada pontuação)

	1 - Irrelevante	2 - Pouco Prejudicial	3 - Razoavelmente Prejudicial	4 - Potencialmente Prejudicial	5 - Muito Prejudicial
3.1 - teste 3	1	2	3	4	5
3.2 - teste 5	1	2	3	4	5
3.3 - teste 1	1	2	3	4	5
3.4 - teste 2	1	2	3	4	5
3.5 - teste 4	1	2	3	4	5
3.6 - teste 6	1	2	3	4	5

Assinale todos o subitens

Figura 10: Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

Brança [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

4. Nessa questão, indique a frequência que cada problema ocorre na organização que você trabalha, onde 1 indica que o problema nunca ocorre, 2 indica que raramente ocorre, 3 indica que às vezes ocorre, 4 indica que ocorre frequentemente, e 5 indica que sempre ocorre. Você pode assinalar "X" em qualquer um dos números intermediários que melhor represente suas convicções a respeito, conforme escala a seguir:

	1 - Nunca	2 - Raramente	3 - Às vezes	4 - Frequentemente	5 - Sempre
4.1 - teste 3	1	2	3	4	5
4.2 - teste 5	1	2	3	4	5
4.3 - teste 1	1	2	3	4	5
4.4 - teste 2	1	2	3	4	5
4.5 - teste 4	1	2	3	4	5
4.6 - teste 6	1	2	3	4	5

Assinale todos o subitens

Figura 11: Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

Ex: Branco [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

**Parte 2 - Flexibilidade de manufatura**

5. Para cada um dos problemas apontados por você na primeira questão desse questionário (representados através da legenda, em amarelo, abaixo) gostaríamos que identificasse quais das flexibilidades ajudariam a minimizar e, até mesmo resolver, os referidos problemas. Para cada subitem marque um "X" para o (s) problema (s) que cada tipo de flexibilidade de manufatura se aplica. Não havendo aplicação, marque NA (Não se Aplica). *(Nessa questão pode ser marcado mais de um problema, desde que haja correlação com a flexibilidade de manufatura. Se, por exemplo, a flexibilidade de entrega ajuda a solucionar os problemas 4 e 7, então, esses problemas devem ser marcados)*

Problema 1: teste 3  
 Problema 1: teste 5  
 Problema 1: teste 1  
 Problema 1: teste 2  
 Problema 1: teste 4  
 Problema 1: teste 6  
 NA - Não se Aplica

**5.1 - Flexibilidade de entrega:** Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.

Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5
Problema 6	Problema 7	Problema 8	Problema 9	Problema 10
NA				

**5.2 - Flexibilidade de expansão:** Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.

Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5
Problema 6	Problema 7	Problema 8	Problema 9	Problema 10
NA				

**5.3 - Flexibilidade de máquina:** Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha), sem gerar perdas à fábrica em função dos tempos de troca.

Problema 1	Problema 2	Problema 3	Problema 4	Problema 5
Problema 6	Problema 7	Problema 8	Problema 9	Problema 10
NA				

Figura 12: Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

Ex: Branco [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel

6. Para cada tipo de flexibilidade da questão 5, atribua uma nota de 1 à 5, onde 1 indica que a flexibilidade não ajuda em nada na solução de problemas ou não se aplica; 2 indica que ajuda pouco; 3 indica que ajuda razoavelmente; 4 indica que ajuda bastante; e 5 indica que a flexibilidade é imprescindível para a solução dos problemas. Para tanto, basta marcar um "X" na pontuação correspondente a cada tipo de flexibilidade.

1 - Não ajuda / Não se aplica	2 - Ajuda pouco	3 - Ajuda razoavelmente	4 - Ajuda bastante	5 - É imprescindível
-------------------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	----------------------

**6.1 - Flexibilidade de entrega:** Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.2 - Flexibilidade de expansão:** Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.3 - Flexibilidade de máquinas:** Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha).

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.4 - Flexibilidade de mão-de-obra:** Habilidade dos funcionários executarem diferentes atividades na fábrica.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.5 - Flexibilidade de mix:** Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grandes perdas à fábrica.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.6 - Flexibilidade de modificação:** Capacidade da fábrica absorver as alterações de projeto ou processo sem gerar grandes perdas para a fábrica.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.7 - Flexibilidade de movimentação de material:** O número de caminhos existentes entre centros de processamento e a variedade de material que pode ser

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.8 - Flexibilidade de operação:** A existência de processos e caminhos alternativos para o processamento do produto, ou seja, a capacidade de absorver

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.9 - Flexibilidade de produção:** Capacidade de produzir novos produtos sem a necessidade de investimento em novos equipamentos.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6.10 - Flexibilidade de produto:** Facilidade de adicionar e/ou substituir produtos ao sistema produtivo da fábrica.

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Figura 13: Questão 6 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

7- Se por um lado a empresa necessita investir (gastar dinheiro) para adquirir flexibilidade, por outro lado a flexibilidade de manufatura ajuda a minimizar e resolver alguns tipos de problema nas fábricas. Em tese, quanto mais flexível é uma empresa, menos problemas ela terá, porém maiores investimentos serão necessários. A maior dificuldade está nessa dosagem, ou seja, quanto investir e em quais tipos de flexibilidade investir. Dessa forma, gostaríamos de saber, na sua opinião, quais tipos de flexibilidade de manufatura você julga indispensável para sua empresa. (Escolha quantos tipos achar necessário, marcando um "X" nas células em azul. Entretanto, lembre-se que quanto mais tipos escolher, mais dinheiro a empresa gastará com flexibilidade)

Flexibilidade de entrega Capacidade da fábrica de se enquadrar as alterações	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de expansão Facilidade com que podemos aumentar a capacidade	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade de máquina Variedade de operações que uma máquina executa e	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de mão-de-obra Habilidade dos funcionários executarem diferentes	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade de mix Capacidade de produzir uma variedade de produtos	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de modificação Capacidade da fábrica absorver as alterações de	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade de movimentação de material O número de caminhos existentes entre centros de	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de operação A existência de processos e caminhos alternativos	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade de produção Capacidade de produzir novos produtos sem a	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de produto Facilidade de adicionar e/ou substituir produtos ao	<input type="checkbox"/>
Flexibilidade de roteamento Capacidade de processar (trabalhar) a mesma peça	<input type="checkbox"/>	Flexibilidade de volume Capacidade da fábrica operar de forma lucrativa em	<input type="checkbox"/>

Figura 14: Questão 7 do instrumento de coleta de dados versão 1.1

8 - Deseja receber um sumário dos resultados da pesquisa?  Sim  Não

Caso deseje, favor informar seu endereço de e-mail para envio:

Agradecemos sua contribuição. Muito obrigado!

Figura 15: Encerramento do questionário versão 1.1

Após o teste piloto para o questionário em Excel, observou-se que todos os problemas e dificuldades relatados quando da aplicação do questionário anterior (modelo em Word) foram sanados. Entretanto, outros problemas surgiram com essa nova versão, a saber:

- O questionário era alimentado por macros. Dependendo do nível de segurança de cada equipamento, os macros poderiam ser desabilitados, invalidando o preenchimento do documento;
- Alguns antivírus não permitiram a abertura do documento, exatamente por conta dos macros existentes no questionário;
- O questionário permitia marcar, para algumas questões, duas ou mais escalas, o que se convertia em anulação da referida questão quando de sua tabulação;

- d) A interface ficou “pesada”, principalmente por conta do excesso de telas e da utilização da barra de rolagem.
- e) Tráfego elevado de documentos por e-mails (ida e volta dos questionários);

Assim, pelos problemas expostos na versão do questionário em Excel, desenvolveu-se a versão 3 do questionário no Microsoft Access, representada pelas Figuras de 16 até 24.

Questionário de Pesquisa

**Prezado Respondente:**

Este questionário busca identificar os principais problemas que ocorrem no ambiente de manufatura das indústrias e suas respectivas soluções. Uma vez que sua participação é fundamental para o sucesso dessa pesquisa, solicitamos sua colaboração para o preenchimento do mesmo. Nesse momento ressalta-se que todas as questões estão interligadas umas as outras, de forma que a resposta da segunda pergunta depende da resposta da primeira e assim sucessivamente. Caso haja alguma dúvida sobre a serventia de algum botão do questionário, basta passar o mouse por cima do mesmo, sem clicar, que, automaticamente, será descrito sua finalidade. Antecipadamente agradecemos!

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Iniciar**

Figura 16: Instruções para preenchimento do questionário versão 1.2

Questionário de Pesquisa

Empresa \* EXEMPLO

Nome FULANO

Cargo \* 1

1. Na sua opinião, quais são os problemas da indústria, mais precisamente na manufatura, cujos acontecimentos prejudicam o bom andamento do processo produtivo? Cite até 10 (dez) problemas, onde cada tipo de problema deve ser escrito, separadamente, por linha. Após (na próxima página) CLASSIFIQUE os problemas citados. O pior problema (mais prejudicial) deve ser classificado com o número 1; O segundo pior problema deve ser classificado com o número 2; o terceiro pior problema deve ser classificado com o número 3, e assim sucessivamente. Não se preocupe em organizar sua resposta. Simplesmente escreva aqui os problemas que vier a sua cabeça. Logo em seguida, teremos uma pergunta onde você terá a oportunidade de classificar os problemas quanto sua importância e severidade.

**Tipos de Problema**    ◀ ▶ ▶\*

teste 1

teste 2

teste 3

teste 4

**Com o intuito de evitarmos duplicidade de informações, por favor, verifique os problemas listados acima. Se houver alguma duplicidade, POR FAVOR, elimine-a.**

Nova Entrevista    Minha Pesquisa    Sair e Salvar

Figura 17: Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

2. Por ordem de gravidade (severidade) e importância, **CLASSIFIQUE** os problemas citados na questão anterior (questão 1). O pior problema (mais prejudicial) deve ser classificado com o número 1; O segundo pior problema deve ser classificado com o número 2; o terceiro pior problema deve ser classificado com o número 3, e assim sucessivamente. (Para classificação dos problemas, por favor utilize o espaço das células brancas, para agilizar o processo os problemas respondidos na questão 1 foram automaticamente replicados para esta questão).

Problema	Classificação
teste 1	3
teste 2	1
teste 3	4
teste 4	2

 Saír e Salvar 

Figura 18: Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

3. Nessa questão gostaríamos que pontuassem cada um dos problemas classificados na questão anterior (questão 2), atribuindo-lhes notas de 1 à 5, onde 1 indica que o problema é irrelevante; 2 significa que o problema é pouco prejudicial; 3 significa que o problema é razoavelmente prejudicial; 4 indica que o problema é potencialmente prejudicial; e 5 indica que o problema é muito prejudicial para a organização. Para tanto, basta clicar na pontuação correspondente a cada problema. (A escala em amarelo, abaixo, indica o significado de cada pontuação)

	1 - Irrelevante	2 - Pouco Prejudicial	3 - Razoavelmente Prejudicial	4 - Potencialmente Prejudicial	5 - Muito Prejudicial
1 teste 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 teste 4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 teste 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 teste 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

 Saír e Salvar 

Figura 19: Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

4. Nessa questão indique a frequência (quantas vezes) cada problema ocorre na organização que você trabalha. Observe que a pontuação 1 indica que o problema nunca ocorre; 2 indica que raramente ocorre; 3 indica que às vezes ocorre; 4 indica que ocorre frequentemente; e 5 indica que sempre ocorre. (A escala em amarelo, abaixo, indica o significado de cada pontuação).

	1 - Nunca	2 - Raramente	3 - Às vezes	4 - Frequentemente	5 - Sempre
1 teste 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 teste 4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 teste 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 teste 3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sair e Salvar

Figura 20: Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

5. Para cada um dos problemas apontados por você na primeira questão, gostaríamos que identificasse quais tipos de flexibilidade ajudariam minimizar e, até mesmo, resolver os referidos problemas. No campo abaixo é apresentado o problema e, logo em seguida, um campo para que você escolha os tipos de flexibilidade. Escolha quantos tipos de flexibilidade julgar necessários para resolver cada problema. Não havendo aplicação, marque o item NÃO HÁ APLICAÇÃO. Após escolher os tipos de flexibilidade para o primeiro problema, clique no campo PRÓXIMO PROBLEMA para escolher os tipos de flexibilidade para o segundo problema, e assim sucessivamente (observe que setas indicam onde deve ser clicado).

**1 teste 2**

CLIQUE AQUI PARA ESCOLHER A FLEXIBILIDADE.

Sair e Salvar

CLIQUE AQUI PARA PROSSEGUIR COM O PRÓXIMO PROBLEMA

Figura 21: Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

6. Para cada um dos doze tipos de flexibilidade existentes, atribua uma nota de 1 à 5, onde 1 indica que a flexibilidade não ajuda em nada na solução de problemas; 2 indica que ajuda pouco; 3 indica que ajuda razoavelmente; 4 indica que ajuda bastante; e 5 indica que a flexibilidade é imprescindível para a solução de problemas. Para tanto, basta marcar, abaixo, a pontuação correspondente a cada tipo de flexibilidade.

1 - Não Ajuda / Não Aplicável    2 - Ajuda Pouco    3 - Ajuda Razoavelmente    4 - Ajuda Bastante    5 - É imprescindível

Flexibilidade de entrega: Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de expansão: Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de máquina: Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha), sem gerar perdas à fábrica em função dos tempos de troca.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de mão-de-obra: Habilidade dos funcionários executarem diferentes atividades na fábrica.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de mix: Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grandes perdas à fábrica.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de modificação: Capacidade da fábrica absorver as alterações de projeto ou processo sem gerar grandes perdas para a fábrica.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de movimentação de material: O número de caminhos existentes entre centros de processamento e a variedade de material que pode ser transportado ao longo desses caminhos.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de operação: A existência de processos e caminhos alternativos para o processamento do produto, ou seja, a capacidade de absorver diferentes seqüências de processamento.  1  2  3  4  5

Flexibilidade de produção: Capacidade de produzir novos produtos sem a necessidade de investimento em novos equipamentos.  1  2  3  4  5

 Saír e Salvar 

Figura 22: Questão 6 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

7) Se por um lado a empresa necessita investir (gastar dinheiro) para adquirir flexibilidade, por outro lado a flexibilidade de manufatura ajuda a minimizar e resolver alguns tipos de problema nas fábricas. Em tese, quanto mais flexível é uma empresa, menos problemas ela terá, porém maiores investimentos serão necessários. A maior dificuldade está nessa dosagem, ou seja, quanto investir e em quais tipos de flexibilidade investir. Dessa forma, gostaríamos de saber, na sua opinião, quais tipos de flexibilidade de manufatura você julga indispensável para sua empresa. (Escolha quantos tipos julgar necessário, MARCANDO a caixa ao lado de cada tipo de flexibilidade. ENTRETANTO lembre-se que quanto mais tipos de flexibilidade escolher, mais dinheiro a empresa terá que gastar com flexibilidade.)

Flexibilidade de entrega: Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.

Flexibilidade de expansão: Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.

Flexibilidade de máquina: Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha), sem gerar perdas à fábrica em função dos tempos de troca.

Flexibilidade de mão-de-obra: Habilidade dos funcionários executarem diferentes atividades na fábrica.

Flexibilidade de mix: Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grandes perdas à fábrica.

Flexibilidade de modificação: Capacidade da fábrica absorver as alterações de projeto ou processo sem gerar grandes perdas para a fábrica.

Flexibilidade de movimentação de material: O número de caminhos existentes entre centros de processamento e a variedade de material que pode ser transportado ao longo desses caminhos.

Flexibilidade de operação: A existência de processos e caminhos alternativos para o processamento do produto, ou seja, a capacidade de absorver diferentes seqüências de processamento.

Flexibilidade de produção: Capacidade de produzir novos produtos sem a necessidade de investimento em novos equipamentos.

Flexibilidade de produto: Facilidade de adicionar e/ou substituir produtos ao sistema produtivo da fábrica.

Flexibilidade de roteamento: Capacidade de processar (trabalhar) a mesma peça com diferentes rotas dentro da fábrica.

Flexibilidade de volume: Capacidade da fábrica operar de forma lucrativa em diferentes volumes de produção.

 Saír e Salvar 

Figura 23: Questão 7 do instrumento de coleta de dados versão 1.2

Questionário de Pesquisa

Deseja receber um sumário dos resultados de pesquisa?  Sim  Não

Caso deseje, favor informar seu endereço de e-mail para envio:

Agradecemos sua contribuição, muito obrigado!

Figura 24: Encerramento do questionário versão 1.2

No teste piloto para o questionário em Access, somente três questionários foram respondidos e devolvidos. Os demais respondentes que faziam parte do teste piloto não responderam/enviaram, justificando não possuírem, em seus computadores, o programa Access instalado. Devido a essa dificuldade, que no teste piloto englobou 70% dos respondentes, constatou-se a inabilidade desse documento para o que se propunha. Assim, como uma próxima alternativa, utilizaram-se todos os conhecimentos adquiridos nos questionários e testes pilotos anteriores para construção da versão final, ou seja, da quarta e última versão. A última versão foi construída diretamente em uma página da Internet, no endereço [www.manufaturaflexivel.com.br](http://www.manufaturaflexivel.com.br), conforme Figuras 25 até 33.

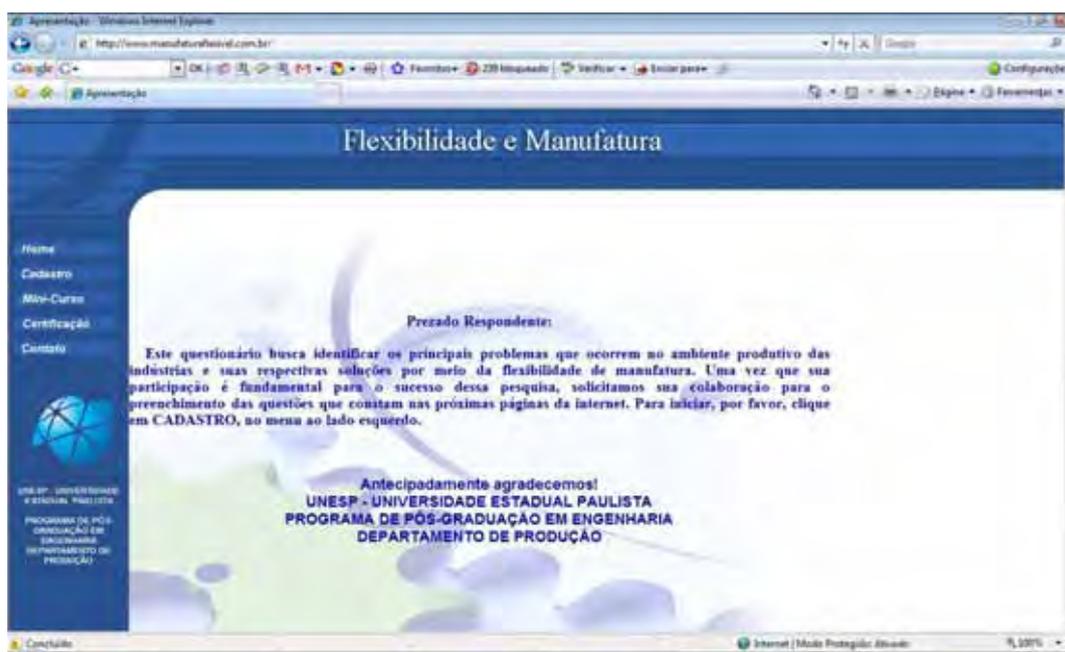


Figura 25: Instruções para preenchimento do questionário versão 1.3

Flexibilidade e Manufatura

CADASTRO

Nome\* : \_\_\_\_\_

Email : \_\_\_\_\_

Empresa que trabalha atualmente : \_\_\_\_\_

Cargo que ocupa atualmente (Marque o seu cargo ou aquele que mais se aproxima de ser o seu):

Operacional (operador de máquinas, montador, operador de manutenção, auxiliar de qualidade, entre outros cargos semelhantes)

Técnico (chefe de equipe, supervisor, gerente, entre outros cargos semelhantes)

Cadastrar

**ATENÇÃO**  
Omitido o nome das empresas por questões de sigilo industrial

Figura 26: Cadastro do respondente referente ao questionário versão 1.3

Flexibilidade e Manufatura

1. Em sua opinião, quais são os problemas da indústria, mais precisamente na manufatura, cujos acontecimentos prejudicam o bom andamento do processo produtivo? Cite até 10 (dez) problemas, onde cada tipo de problema deve ser digitado, separadamente, por linha (veja abaixo, ao lado esquerdo). Após citá-los, CLASSIFIQUE-OS por ordem de gravidade e importância (veja abaixo, ao lado direito dos problemas). O pior problema deve ser classificado com o número 1; o segundo pior problema (menos prejudicial que o primeiro problema, porém mais prejudicial que o terceiro problema) deve ser classificado com o número 2; o terceiro pior problema deve ser classificado com o número 3, e assim sucessivamente. Após o preenchimento, revise se todos os problemas que você gostaria de citar estão incluídos nessa página com sua respectiva classificação. Ao terminar, clique no botão cadastrar (no final da página).

Problema 1 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Problema 2 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Problema 3 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Problema 4 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Problema 5 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Problema 6 : \_\_\_\_\_ Classificação \_\_\_\_\_

Figura 27: Questão 1 do instrumento de coleta de dados versão 1.3

**Flexibilidade e Manufatura**

3. Nessa questão indique quantas vezes, ou seja, a frequência que cada problema citado na questão anterior ocorre na organização que você trabalha. Se um determinado problema ocorre todos os dias ou quase todos os dias, sua frequência deve ser indicada como "sempre". Se ocorre uma vez por semana, deve ser indicado como "frequentemente". Se ocorre de uma a duas vezes por mês, deve ser indicado como "às vezes". Se ocorre de vez em quando, ou seja, uma vez ou outra, deve ser classificado como raramente. Se o problema nunca ocorreu na sua empresa, ele deve ser indicado como "nunca". Ao terminar, clique no botão cadastrar (no final da página).

Problema 1 : teste 4  
 Problema 2 : teste 3  
 Problema 3 : teste 2  
 Problema 4 : teste 1  
 Problema 5 :  
 Problema 6 :  
 Problema 7 :

Frequência: Seleciona uma categoria  
 Seleciona uma categoria  
 Nunca  
 Às vezes  
 Frequentemente  
 Sempre

Frequência: Seleciona uma categoria  
 Seleciona uma categoria

Figura 28: Questão 2 do instrumento de coleta de dados versão 1.3

**Flexibilidade e Manufatura**

3. Historicamente, sabe-se que a flexibilidade de manufatura começou a ser reconhecida como essencial pelas organizações industriais a partir da década de 50. Quanto ao seu significado, de forma simples, a flexibilidade de manufatura pode ser definida como a habilidade da função produção fazer ajustes necessários para reagir às mudanças no ambiente de manufatura sem sacrifícios significativos para o desempenho da empresa. Sabe-se, também, da existência de doze tipos de flexibilidade. O objetivo desta questão é levantar sua percepção sobre a ajuda que cada tipo de flexibilidade pode proporcionar à manufatura na solução de problemas. Dessa forma, para cada um dos doze tipos de flexibilidade existentes, atribua uma das cinco categorias a seguir: "não ajuda não se aplica"; "ajuda pouco"; "ajuda razoavelmente"; "ajuda bastante"; "é imprescindível" para a solução de problemas. Para tanto, basta marcar, abaixo, a categoria correspondente para cada tipo de flexibilidade. Observe que a coluna do meio define cada tipo de flexibilidade. Ao terminar, clique no botão cadastrar (no final da página).

Flexibilidade	Descrição	Categoria
Flexibilidade de entrega:	Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.	Seleciona uma categoria
Flexibilidade de expansão:	Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.	Seleciona uma categoria
Flexibilidade de máquina:	Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa (trabalha), sem gerar perda à fábrica em função dos tempos de troca.	Não Ajuda / Não Aplicável Ajuda Pouco Ajuda Razoavelmente Ajuda Bastante É Imprescindível
Flexibilidade de mão-de-obra:	Habilidade dos funcionários executar diferentes atividades na fábrica.	Seleciona uma categoria
Flexibilidade de mix:	Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grande perda à fábrica.	Seleciona uma categoria
Flexibilidade de modificação:	Capacidade da fábrica alterar as alterações de projeto ou processo sem gerar grande perda para a fábrica.	Seleciona uma categoria

Figura 29: Questão 3 do instrumento de coleta de dados versão 1.3

**Flexibilidade e Manufatura**

4. Para cada um dos problemas apontados por você na primeira questão, gostaríamos que identificasse quais tipos de flexibilidade ajudariam minimizar e, até mesmo, resolver os referidos problemas. No campo abaixo é apresentado o problema e, logo em seguida, um campo para que você escolha os tipos de flexibilidade. Escolha quantos tipos de flexibilidade julgar necessários para resolver cada problema. Não havendo aplicação, marque o item NÃO HÁ APLICAÇÃO. Ao terminar, clique no botão cadastrar (no final da página).

Para selecionar mais de uma flexibilidade, pressione a tecla Ctrl e clique com o mouse sobre as flexibilidades desejadas.

Problema 1: teste 4	Flexibilidade: Flexibilidade de volume Flexibilidade de entrega Flexibilidade de expansão Flexibilidade de máquina
Problema 2: teste 2	Flexibilidade: Flexibilidade de mão-de-obra Flexibilidade de mão-de-obra Flexibilidade de modificação
Problema 3: teste 2	Flexibilidade: Flexibilidade de movimentação de material Flexibilidade de operação Flexibilidade de manutenção
Problema 4: teste 1	

Figura 30: Questão 4 do instrumento de coleta de dados versão 1.3

**Flexibilidade e Manufatura**

5) Se por um lado a empresa necessita investir (gastar dinheiro) para adquirir flexibilidade, por outro lado a flexibilidade de manufatura ajuda a minimizar e resolver alguns tipos de problemas nas fábricas. Em tese, quanto mais flexível é uma empresa, menos problemas ela terá, porém maiores investimentos serão necessários. A maior dificuldade está nessa dosagem, ou seja, quanto investir e em quais tipos de flexibilidade investir. Desta forma, gostaríamos de saber, em sua opinião, quais tipos de flexibilidade de manufatura são indispensáveis para sua empresa. (Escolha quantos tipos julgar necessário, MARCANDO a caixa ao lado de cada tipo de flexibilidade. ENTRETANTO, lembre-se que quanto mais tipos de flexibilidade escolher, mais dinheiro a empresa terá que gastar com flexibilidade). Ao terminar, clique no botão cadastrar (no final da página).

- Flexibilidade de entrega: Capacidade da fábrica de se enquadrar às alterações dos requisitos de entrega.
- Flexibilidade de expansão: Facilidade com que podemos aumentar a capacidade produtiva da fábrica.
- Flexibilidade de máquina: Variedade de operações que uma máquina executa e, também, variedade de produtos que uma máquina processa/trabalha, sem gerar perdas à fábrica em função.
- Flexibilidade de mão-de-obra: Habilidade dos funcionários executarem diferentes atividades na fábrica.
- Flexibilidade de mix: Capacidade de produzir uma variedade de produtos sem gerar grandes perdas à fábrica.
- Flexibilidade de modificação: Capacidade da fábrica abstrair as alterações de projeto no processo sem gerar grandes perdas para a fábrica.

Figura 31: Questão 5 do instrumento de coleta de dados versão 1.3



Figura 32: Encerramento do questionário versão 1.3

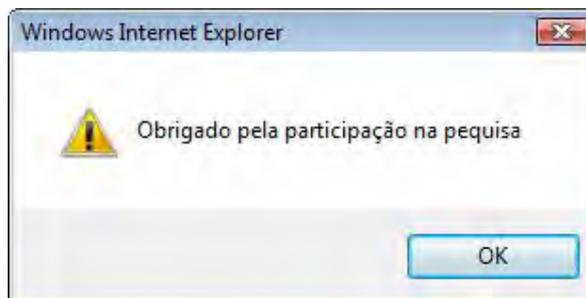


Figura 33: Agradecimento e confirmação do término do preenchimento

O questionário final ficou com uma interface agradável, de fácil acesso, sem trâmite de documentos por emails, sem o risco de contrair vírus, de rápido preenchimento e de fácil tabulação, concluindo, assim, essa etapa. Além disso, o mesmo alerta sobre questões não respondidas, que foram marcadas em duplicidade, que foram deixadas em branco, enfim, a *Home Page* na qual está inserido o instrumento de coleta de dados está programada para não permitir que erros no preenchimento aconteçam.

## 2.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

A importância dos dados está em proporcionar respostas à investigação, devendo ser tabulados e codificados para, então, se extrair todas as informações possíveis e necessárias para constatação das conjecturas levantadas e a elaboração do relatório final da pesquisa.

Para Santos (2003), análise e interpretação são coisas distintas, mas relacionadas entre si. Análise é a tentativa de explicar os fenômenos estudados e a interpretação é a atividade intelectual que procura dar significado às respostas, fazendo uma ligação com outros conhecimentos. Para esse autor, a análise e o tratamento dos dados envolvem diversos procedimentos tais como: codificação das respostas, tabulação dos dados e cálculos estatísticos.

O campo da estatística tem desenvolvido para quase todos os tipos de pesquisa, testes estatísticos alternativos válidos que podem ser usados para se chegar a uma decisão sobre uma conjectura. Tendo testes alternativos válidos, surge a necessidade de certa base racional para uma escolha entre eles (SIEGEL & CASTELLAN JUNIOR, 2006). Esses autores ressaltam que o poder de uma análise estatística é, em parte, uma função do teste estatístico que é empregado na análise. Assim, na escolha do teste estatístico, precisa-se considerar a maneira com que a amostra foi extraída, as conjecturas que se deseja testar, o tipo de mensurações ou escalonamentos que são empregados, o nível de significância, entre outros aspectos que serão descritos no decorrer dessa seção.

Inicia-se a escolha do teste pelo modelo estatístico. A presente pesquisa utilizou o modelo estatístico não paramétrico. Conforme Siegel & Castellan Junior (2006), um teste estatístico não-paramétrico é baseado em um modelo que especifica somente condições muito gerais e nenhuma a respeito da forma específica da distribuição da qual a amostra foi extraída. Dessa forma, justifica-se a utilização da estatística não-paramétrica, pelas características inerentes à pesquisa, a saber:

- a) Não se sabia se a amostra possuía distribuição normal;
- b) Não se conhecia a variância das amostras dos grupos estudados;

- c) A mensuração da maioria dos dados do questionário seria realizada por meio de uma escala ordinal, utilizando postos;
- d) A maioria dos dados capturados era do tipo classificatório; e
- e) Seriam analisados oito grupos de amostras de cinco respondentes cada. Para essa quantidade Siegel & Castellan Junior (2006) defendem que os testes estatísticos não-paramétricos são os mais recomendados.

Após a definição do modelo estatístico, parte-se para a escolha do nível de significância ( $\alpha$ ) a ser utilizado no modelo estatístico. Conforme Siegel & Castellan Junior (2006), o nível no qual o pesquisador escolhe especificar depende da importância ou possível significância prática do resultado que será obtido.

Uma vez que se pretende testar conjecturas relacionadas à flexibilidade de manufatura, partindo-se da percepção dos respondentes envolvidos no processo produtivo de oito organizações fabris, julgou-se que o nível de significância de 0,05 seria suficiente, pois proporcionaria uma confiança de 95% o que, segundo Triola (2005), resulta em um bom equilíbrio entre precisão e confiabilidade.

O próximo passo foi a escolha dos testes a serem aplicados. Além da estatística tradicional para descrição, exploração e comparação de dados (medidas de centro, por exemplo), seriam necessários testes estatísticos específicos para comparação de dados entre amostras independentes.

Sabendo-se que o método é não-paramétrico, que postos serão utilizados para codificação dos dados coletados no instrumento de coleta de dados e que o objetivo é fazer comparações entre as diferentes amostras independentes, adotou-se o teste de análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis por postos (SIEGEL & CASTELLAN JUNIOR, 2006).

Segundo Martins (2005), o teste de análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis por postos é um teste extremamente útil para decidir se “k” amostras ( $k > 2$ ) independentes provêm de populações com medianas iguais (populações idênticas), sendo uma alternativa não-paramétrica à Análise de Variância, e indicada nos casos em que o investigador não tem condições de mostrar que seus dados suportam uma análise pelo modelo da ANOVA.

Esse teste serve para ser aplicado tanto em amostras pequenas (quando o número de observações é menor que cinco) quanto em amostras grandes (quando o número de observações excede cinco), desde que em ambos os casos o número de amostras seja igual ou superior a três amostras (SIEGEL & CASTELLAN JUNIOR, 2006).

Dessa forma, utilizou-se esse teste para:

- a) Testar se os profissionais de manufatura das indústrias automotivas possuem a mesma opinião sobre os aspectos relacionados a riscos, problemas e tipos de flexibilidade;
- b) Testar se os profissionais das empresas não-automotivas possuem opiniões diferentes das indústrias automotivas, sobre os aspectos relacionados a riscos, problemas e tipos de flexibilidade;
- c) Testar se as os profissionais das empresas não-automotivas possuem opiniões divergentes entre si e divergentes daquelas apresentadas pelas montadoras de veículos, sobre os aspectos relacionados a riscos, problemas e tipos de flexibilidade;

No cálculo do teste de Kruskal-Wallis, cada uma das “N” observações é substituída por postos. Isto é, todos os escores de todas as “k” amostras são colocados juntos e organizados por meio de postos em uma única série. O menor escore é substituído pelo posto “1”, o seguinte menor escore é substituído pelo posto “2” e o maior escore é substituído pelo posto “N”, onde “N” é o número total de observações independentes nas “k” amostras. Quando isso é feito, a soma dos postos em cada amostra é encontrada. Destas somas, pode-se calcular o posto médio para cada amostra ou grupo.

Assim sendo, se as amostras são da mesma população ou de populações idênticas, os postos médios devem ser quase os mesmos, enquanto que se as amostras viessem de populações com medianas diferentes, os postos médios deveriam diferir. O teste de Kruskal-Wallis trabalha com as diferenças entre os postos médios para determinar se elas são tão discrepantes que provavelmente não tenham vindo de amostras que tenham sido extraídas de uma mesma população (SIEGEL & CASTELLAN JUNIOR, 2006).

Além de esse teste ser o mais adequado para o presente trabalho, salienta-se que sua eficiência em relação aos testes paramétricos (mais poderosos que os não-paramétricos quando se tem conhecimento da amostra, sua distribuição e a variância) é de 95,5% (TRIOLA, 2005).

A análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis por postos indica se há ou não há diferenças entre as amostras pesquisadas. Entretanto esse teste não informa ao pesquisador quais amostras são diferentes entre si, nem quantos grupos são diferentes dos demais.

Conforme Siegel & Castellan Junior (2006), um procedimento simples para determinar qual (is) grupo (s) se difere (m) dos demais e entre si seria a utilização do teste da comparação múltipla, que pode ser o teste de Dunn ou o teste Student-Newman-Keuls. Os procedimentos para esse teste iniciam com o cálculo das diferenças entre as médias de postos de pares de amostras, que posteriormente são comparados com o valor crítico de “z”. Os valores das diferenças entre as médias de postos que excederem o valor crítico de “z” serão considerados oriundos de amostras com medianas diferentes.

Por fim, adotou-se o teste estatístico de coeficiente de concordância W de Kendall para determinar se as amostras levariam a um consenso sobre as questões do instrumento de coleta de dados e qual seria o grau de consenso. Segundo Siegel & Castellan Junior (2006), esse teste serve para determinar o grau de associação global entre várias amostras independentes. Trata-se de uma abordagem relativamente simples que segue uma relação linear baseada nas correlações posto-ordem entre todos os possíveis pares de postagens e, então, calcula a média destes coeficientes para determinar a associação global.

Ressalta-se que não houve preocupação, aqui, em incluir formulários e tabelas estatísticas dos três últimos testes não-paramétricos, ou seja, análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis por postos, Teste de comparação múltipla e Coeficiente de concordância W de Kendall, em face de utilização de recursos computacionais para o tratamento e a análise estatística de dados, conforme é explicado na próxima seção.

### 2.5.1 Recursos computacionais para o tratamento e a análise de dados

Existem inúmeros recursos tecnológicos para a análise estatística de dados, que vão desde calculadoras, a exemplo da TI – 83 PLUS, a aplicativos específicos, tais como o STATDISK e o MINITAB (TRIOLA, 2005). Assim, buscando-se recursos computacionais que facilitassem o tratamento de dados, vários aplicativos e *softwares* estatísticos foram pesquisados, dos quais se destacam a planilha Excel, o STATDISK, o MINITAB, o BioEstat, o SPSS e algumas páginas na Internet que oferecem programas em Javascript para cálculos *on-line*, a exemplo da página na Internet [www.stat.ucla.edu](http://www.stat.ucla.edu).

Após análise de prós e contras de cada aplicativo pesquisado, selecionou-se o pacote estatístico BioEstat, disponível para download no site [www.mamiraua.org.br](http://www.mamiraua.org.br), por possuir as seguintes características positivas: i) ser serventia tanto para a Estatística descritiva como para testes estatísticos não-paramétricos; ii) ser em português; iii) possuir manual em PDF com diversos exemplos; iv) ser de fácil utilização; v) ser gratuito; vi) ser referenciado em vários livros, sites e entidades de pesquisa – conforme Siegel & Castellan Junior (2006), o BioEstat é o melhor programa disponível na atualidade para o cálculo do qui-quadrado; vii) possuir apoio do CNPQ; e viii) estar na versão 5.0 e possuir mais de 20 anos de criação.

Segundo Ayres *et al.* (2007) o pacote estatístico BioEstat tem como objetivo propiciar aos acadêmicos de diversas áreas do conhecimento um instrumento de grande praticidade e de fácil manuseio na avaliação de informações originadas por meio de pesquisa. As Figuras 34 e 35, ilustram a interface do BioEstat em dois exemplos de testes estatísticos.

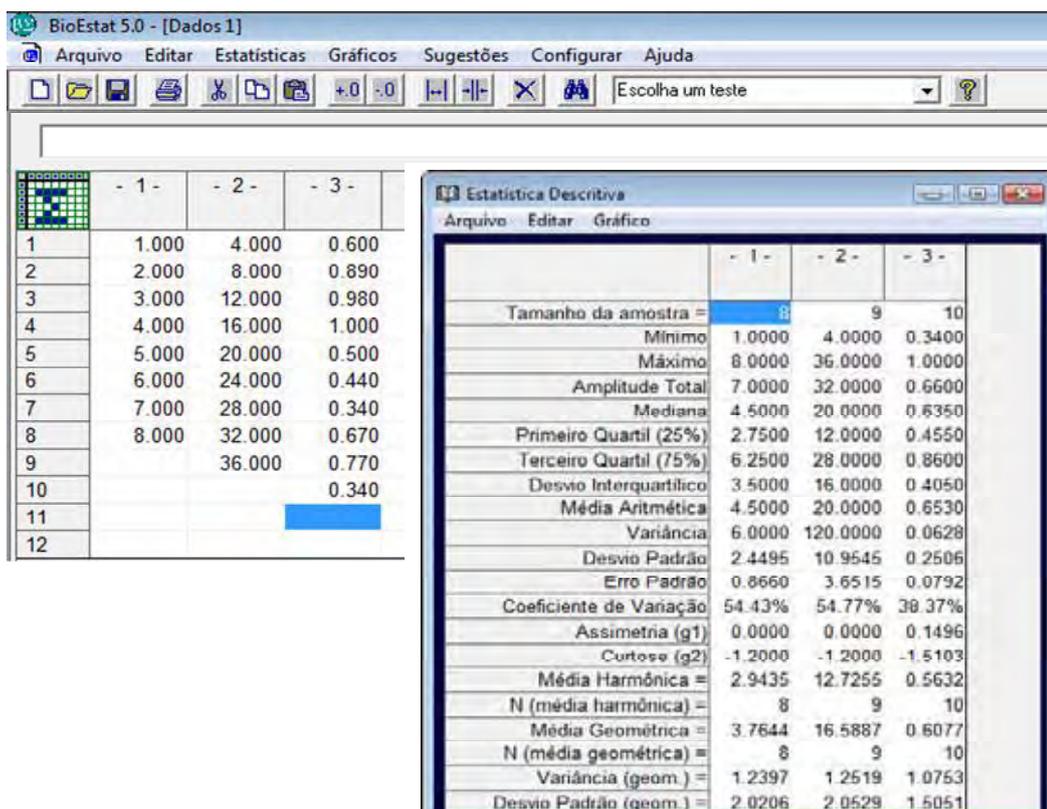


Figura 34: Interface do BioEstat para Estatística Descritiva

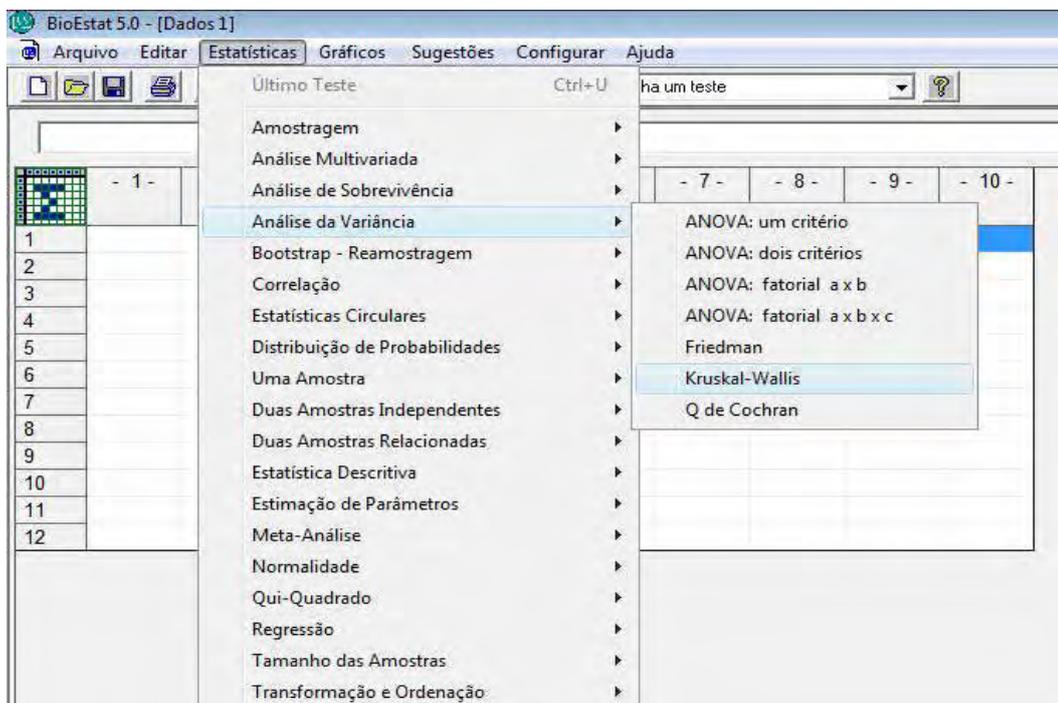


Figura 35: Interface do BioEstat para o teste de Kruskal-Wallis

## 2.6. CARACTERÍSTICAS E ORGANIZAÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO

Para delimitação do tema, construção das conjecturas, desenvolvimento do referencial teórico, entre outros aspectos relevantes e inerentes a esta tese, efetuou-se pesquisa bibliográfica em títulos relacionados ao tema flexibilidade de manufatura.

Buscas foram realizadas em periódicos internacionais, periódicos nacionais e anais de simpósios/congressos, utilizado-se a base de dados do portal de periódicos da Capes, endereço <http://www.periodicos.capes.gov.br>, no Scielo Brasil, endereço <http://www.scielo.br>, no Google Acadêmico, endereço <http://scholar.google.com.br/> e nos anais dos principais eventos científicos ligados à Engenharia de Produção, tais como ENEGEP (ABEPRO), SIMPEP (UNESP BAURU) e CNEG (LATEC/UFF - NITERÓI).

O critério adotado para a identificação de pesquisas relacionadas com o tema central envolveu a busca de trabalhos que contivessem as palavras “flexibilidade” e “manufatura” ou “flexibilidade” e “produção” ou “flexibilidade” e “operações” ou “flexibilidade” e “gerenciamento de risco” ou “flexibilidade” e “incertezas” ou “gerenciamento de riscos” e “operacionais” ou “gerenciamento de riscos” e “manufatura” nas palavras chaves, no resumo e no título dos trabalhos pesquisados na língua portuguesa e inglesa (nessa última, após tradução).

À medida que documentos que satisfaziam os critérios anteriormente descritos eram encontrados, tinham seus resumos lidos e, em função desses, eram descartados ou organizados em uma planilha do Microsoft Excel para posterior utilização. Dessa abordagem, selecionou-se<sup>4</sup> 154 artigos de periódicos internacionais, 6 artigos de periódicos nacionais e 46 artigos de congressos.

Além desses documentos, teses e dissertações foram pesquisadas no banco de teses da Capes, no endereço <http://servicos.capes.gov.br/capesdw>. Do total de 7 documentos selecionados pelo resumo, iniciou-se uma busca pelo documento inteiro (teses e dissertações completas) nos bancos de teses das universidades onde aqueles documentos foram produzidos (PUC-RIO, UFRGS, UFSC, UNIFEI e UNICAMP).

---

<sup>4</sup> Dessa seleção, excluem-se artigos relacionados à metodologia de pesquisa, estatística, entre outros temas que não estivessem relacionados diretamente com a busca do referencial teórico principal, ou seja, flexibilidade de manufatura, riscos e gerenciamento de riscos.

Desses, 4 trabalhos foram encontrados nos sites das respectivas universidades e outros três documentos foram solicitados diretamente aos autores por intermédio de e-mail.

Finalmente, vários livros foram consultados para fechar esse ciclo de levantamento de material bibliográfico, dos quais se destacam obras sobre metodologia e técnicas de pesquisa, gestão de operações, gestão de riscos e estatística. A Figura 36 ilustra a organização dos documentos encontrados por tipicidade. Observe-se a segmentação dos diversos tipos de documentos organizados na extremidade inferior dessa figura (artigo de periódico internacional, artigo de periódico nacional, artigo de congressos, teses/dissertações e livros)

Relacao de documentos para a tese UNESP (Modo de Compatibilidade) - Microsoft Excel					
	A	B	C	D	E
1	TÍTULO DO ARTIGO	ANO	AUTORES	PERIÓDICO INTERNACIONAL	NÚMERO
2	Flexibility Of Manufacturing Systems, Strategic Change And Performance	2005	F. Javier Llorens, Luis M. Molina	International Journal of Production Eco	1
3	Quantification Of Flexibility In Advanced Manufacturing Systems Using Fuzz	2004	Ahmet Beskesea, Cengiz Kahra	International Journal of Production Eco	2
4	Measuring Dimensions Of Manufacturing Flexibility	2004	Lori L. Koste, Manoj K. Malhotra,	Journal Of Operations Management	3
5	Exploring Flexibility And Execution Competencies Of Manufacturing Firms	2004	Ram Narasimhan, Srinivas Tallur	Journal Of Operations Management	4
6	Manufacturing Flexibility And Real Options: A Review	2001	Jens Bengtsson	International Journal of Production Eco	5
7	A Review Of Empirical Research On Manufacturing Flexibility	2000	Robert J. Vokurka, Scott W. O'le	Journal Of Operations Management	6
8	A Multiple-Method Study Of Environmental Uncertainty And Manufacturing Fi	1999	Mark Pagell, Daniel R. Krause	Journal Of Operations Management	7
9	The Flexibility Of Manufacturing Systems	2005	Nigel Slack	International Journal of Operations & P	8
10	Critical Factors For Achieving Manufacturing Flexibility	1999	R.S.M. Lau	International Journal of Operations & P	9
11	Manufacturing Operations And Strategic Flexibility: Survey And Cases	2000	Roger Beach, Alan P. Muhleman	International Journal of Operations & P	10
12	The House Of Flexibility: Using The QFD Approach To Deploy Manufacturing	2002	Jan Ohager And B. Martin West	International Journal of Operations & P	11
13	Identifying Manufacturing Flexibility Best Practices In Small And Medium Entre	2002	Alberto Petroni	International Journal of Operations & P	12
14	A Framework For Analysing Manufacturing Flexibility	2005	Adegoke Oke	International Journal of Operations & P	13
15	Manufacturing Process Flexibility Revisited	2005	Roger W Schmenner And Moha	International Journal of Operations & P	14
16	Managing For Flexibility: A Manufacturing Perspective	1998	Ravi Kathuria	Industrial Management & Data Systems	15
17	Manufacturing Flexibility And Manufacturing Proactiveness: Empirical Eviden	2005	Shih-Chia Chang, Ru-Jen Lin, Ju	Industrial Management & Data Systems	16
18	Trends In Outsourced Manufacturing – Reducing Risk And Maintaining Flexit	2002	Nadja Ghausi	Assembly Automation	17
19	Performance, Risk And Strategy In Privatised, Regulated Industries The UK's	2003	David Parker	The International Journal of Public Sec	18
20	Dynamic Risk Management System For The Modeling, Optimal Adaptation An	2005	Ioannis Zafropoulos, Kostas Me	Information Management & Computer S	19
21	Making Manufacturing Flexibility Operational – Part 1: A Framework	1995	Carl-Henric Nilsson And Håkan N	Integrated Manufacturing Systems,	20
22	Making Manufacturing Flexibility Operational – Part 2: Distinctions And An Ex	1995	Carl-Henric Nilsson And Håkan N	Integrated Manufacturing Systems,	21
23	Managers' Perceptions Of Flexibility In Manufacturing: A Study In The Swedi	1996	Håkan Nordahl, Carl-Henric Nilss	Integrated Manufacturing Systems,	22
24	Strategies Of Manufacturing Flexibility, Manufacturing Performance Measure	1996	Robert H. Chenhall	Integrated Manufacturing Systems,	23
25	The Supplier And Customer Contribution To Manufacturing Flexibility: Austr	2005	Berman Kayis And Sami Kara	Journal of Manufacturing Technology I	24
26	Towards Best Management Practices For Implementing Manufacturing Flexit	2006	Todd A. Boyle	Journal of Manufacturing Technology I	25
27	Application Of Cybernetics To Manufacturing Flexibility: A Systems Perspect	2006	Joe Scala, Lyn Purdy, Frank Saf	Journal of Manufacturing Technology I	26
28	Supplier Selection And Management Strategies And Manufacturing Flexibility	2005	Nelson Oly Ndubisi, Muhamad Ja	The Journal of Enterprise Information I	27
29	Extended-Enterprise Systems' Impact On Enterprise Risk Management	2006	Steve G. Sutton	The Journal of Enterprise Information I	28
30	A Systematic Approach To Risk Management For Construction	2001	Anthony Mills	Structural Survey	29
31	The Strategic Implications Of Flexibility In Manufacturing Systems	2000	Rakesh Narain And R.C. Yadav,	International Journal of Agile Managem	30
32	Manufacturing Flexibility: Methods For Measuring The Impact Of Product Var	1999	William L. Berry, Martha C. Coop	Journal Of Operations Management	31
33	Manufacturing Practices And Strategy Integration: Effects On Cost Efficiency	2005	Morgan Swink, Ram Narasimhan	Decision Sciences	32
34	Managing Risk In Advanced Manufacturing Technology	1992	Hottenstein, Michael P.; Dean, Ja	California Management Review	33
35	An Options Approach To Valuing Expansion Flexibility In Flexible Manufactur	2002	E. Ertugrul Karsak, C Okan Ozog	The Engineering Economist	34
36	Interplay Between Uncertainty And Flexibility Across The Value-Chain: Tow	2005	Rajeev Sawhney	Journal Of Operations Management	35
37	The Delphi Method As A Research Tool: An Example, Design Considerations	2004	Chitu Okoli, Suzanne D. Pawlow	Information & Management	36
38	A Contingency Theoretical Model Of Manufacturing Strategy	1996	Chin-Fu Ho	International Journal of Operations & P	37
39	A Risk-Based Approach To Manufacturing Process Control: Use In Autoclav	2005	K.L. Edwards	Materials and Design	38
40	Business Process Reengineering And Flexibility: A Case For Unification	2002	Guy Fitzgerald And Feroz A. Sid	The International Journal of Flexible Ma	39
41	Managing Production With Flexible Capacity Deployment For Serial Multi-Stag	1998	Z. Kevin Weng	European Journal of Operational Resea	40
42	Manufacturing Strategies In The Hand Tool Industry	2000	Michel J. Leseure	International Journal of Operations & P	41

Figura 36: Planilha de controle das referencias bibliográficas da tese

De todos os documentos selecionados, constata-se a seguinte estratificação, por tipo e por data de publicação:

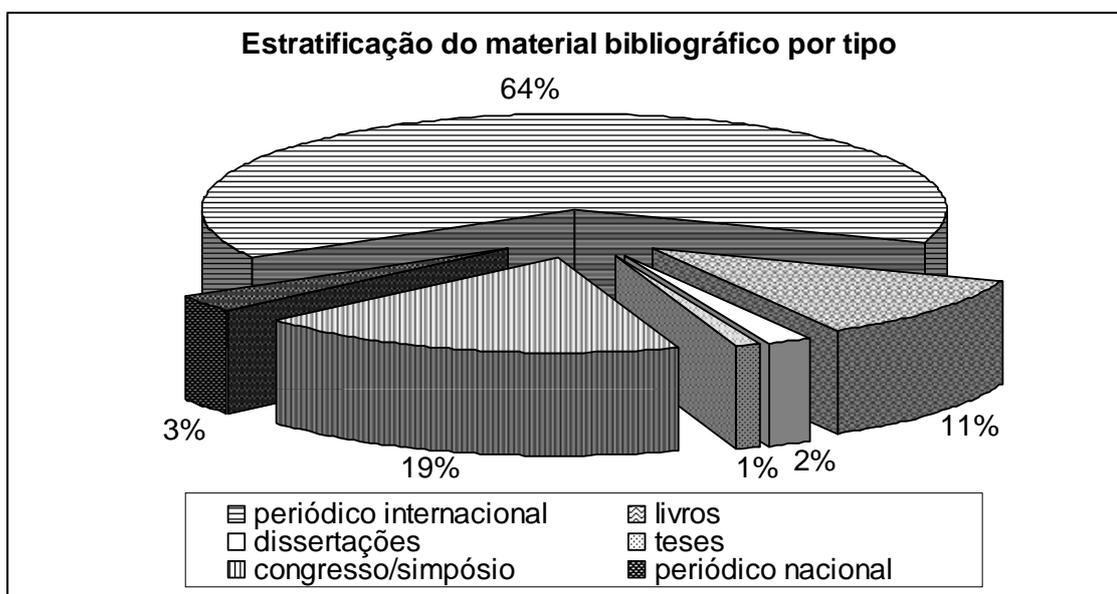


Figura 37: Composição do referencial teórico por tipicidade, composto de 239 documentos.

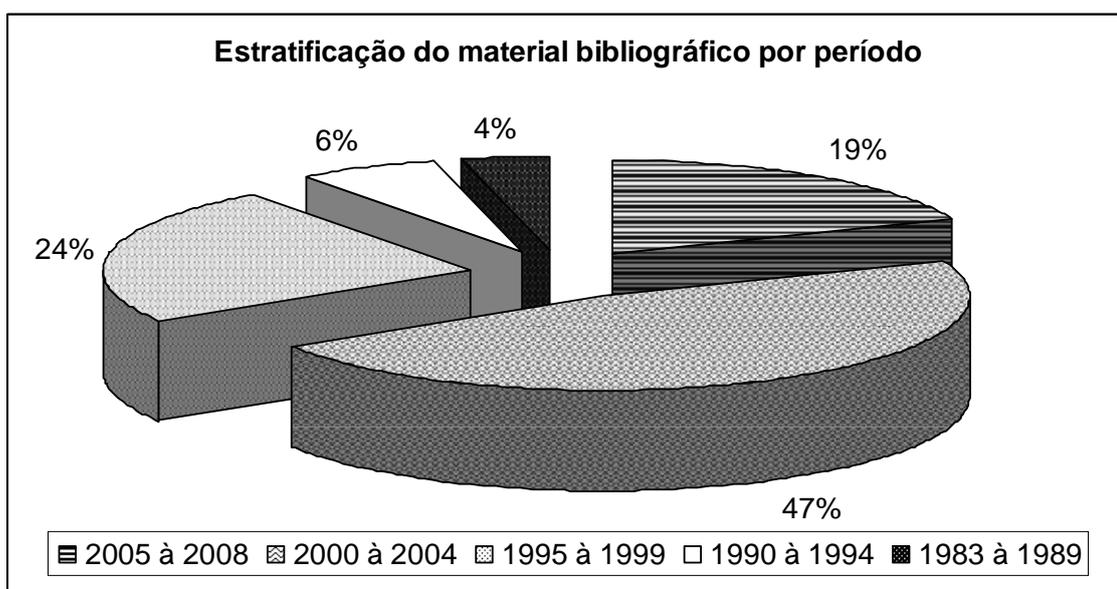


Figura 38: Composição do referencial teórico por períodos de publicação, composto por 239 documentos.

Analisando os gráficos das Figuras 37 e 38, observa-se que mais da metade de todos os documentos que são parte do referencial teórico são artigos de periódicos internacionais e que mais da metade dos documentos foram desenvolvidos na presente década. Além dessas observações, constatou-se uma baixa produção científica nacional sobre o tema, uma vez que somente 7 teses/dissertações e apenas 2 artigos, diretamente relacionado ao tema flexibilidade de manufatura, foi publicado em periódicos nacionais. Essa limitação de produção nacional sobre o tema foi corroborada por meio de uma busca realizada no Google Acadêmico no ano de 2008, cujos resultados estão na Figura 39.

The image shows a screenshot of a Google Acadêmico search interface. The search bar contains the text "tudonotitulu: 'flexibilidade de manufatura'" and a "Pesquisar" button. Below the search bar, there are options for "Pesquisar na Web" and "Pesquisar páginas em português". The search results are displayed in Portuguese and include several entries with titles, authors, and publication details. The results are as follows:

- Acadêmico** Resultados 1 - 7 de 7 para tudonotitulu: "flexibil
- Dica:** Tente remover as aspas de sua pesquisa para obter mais resultados.
- [PDF] ► Flexibilidade Estratégica na Manufatura: incertezas e variabilidade de saídas**  
HL CORRÊA, N SLACK - Revista de Administração, 1994 - atlasnet.com.br  
... as variáveis "incerteza ambiental" e "flexibilidade de manufatura", testa o modelo ...  
pelo ambiente através do aumento de sua flexibilidade de manufatura". ...  
Citado por 16 - Artigos relacionados - Ver em HTML - Pesquisa na web
- [CITAÇÃO] Flexibilidade de manufatura e sua percepção em micro e pequenas empresas**  
ROB SERRÃO, PRT DALCOL - Anais do XXXIII SBPO-Simpósio Brasileiro de Pesquisa  
Citado por 2 - Artigos relacionados - Pesquisa na web
- [CITAÇÃO] Um estudo sobre a flexibilidade de manufatura e sua percepção e efetivação em micro e pequenas ...**  
ROB SERRÃO - Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Industrial  
Citado por 2 - Artigos relacionados - Pesquisa na web
- [CITAÇÃO] Um estudo empírico sobre a correlação entre automação flexível e flexibilidade de manufatura**  
M ZUKIN, PT DACOL - Produção - Publicação da Associação de Engenharia de ... 2001  
Citado por 2 - Artigos relacionados - Pesquisa na web
- [CITAÇÃO] ... de um modelo para o planejamento de investimentos em flexibilidade de manufatura em situações de ...**  
RNG Teixeira - Doctoral Dissertation of PPGER/UFSC, Florianópolis, 2005  
Citado por 1 - Artigos relacionados - Pesquisa na web
- [PDF] ► PERCEPÇÃO DA IMPORTÂNCIA DE DIMENSÕES DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS**  
ROB SERRÃO, PRT DALCOL - CD-ROM, ENEGEP, 2001b - abepro.org.br  
PERCEPÇÃO DA IMPORTÂNCIA DE DIMENSÕES DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA EM MICRO E ... Quadro  
1 - Dimensões da flexibilidade de manufatura frequentemente citadas ...  
Artigos relacionados - Pesquisa na web
- [PDF] ► Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saída**  
P Planejamento, C da Produção, HL Corrêa, IGN ... - salauva.com.br  
... variáveis "incerteza ambiental" e "flexibilidade de manufatura", testa  
o modelo empiricamente e, baseado Page 5. 4 ... de manufatura". ...  
Artigos relacionados - Ver em HTML - Pesquisa na web
- Principais autores: [H.Corrêa](#) - [N.SLACK](#) - [R.SERRÃO](#) - [P.DALCOL](#)
- Internet | Modo Protegi

Figura 39: Pesquisas em nível nacional sobre flexibilidade de manufatura

## 2.7 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Esse trabalho está focado na influência das dimensões da flexibilidade sobre os riscos e incertezas na manufatura, baseado em levantamento da percepção dos funcionários de nível tático que trabalham na manufatura, limitando-se ao ambiente de produção das organizações fabris. Assim, não serão abordadas dimensões da flexibilidade de outros setores da empresa (departamento comercial, por exemplo), bem como suas correlações com o sistema de manufatura.

Quanto à representatividade, o estudo limita-se à amostra de cinco respondentes de oito empresas, totalizando um total de quarenta respondentes.

Quanto aos tipos de flexibilidades de manufatura, devido a uma proliferação de taxonomias conflitantes e sobrepostas (D'SOUZA & WILLIAMS, 2000; UPTON, 1994; PURDY & SAFAYENI, 2006), selecionou-se doze diferentes tipos de flexibilidade de manufatura, para o desenvolvimento da Questão 3 do instrumento de coleta de dados (vide Figura 29).

As flexibilidades adotadas foram: i) de entrega; ii) de expansão; iii) de máquina; iv) de mão-de-obra; v) de *mix*; vi) de modificação; vii) de movimentação de material; viii) de operação; ix) de produção; x) de produto; xi) de roteamento; e xii) de volume. A escolha desses doze tipos foi fundamentada nos estudos de Slack (1983), Gupta & Goyal (1989), Koste & Malhotra (1999) e Vokurka & O'Leary-Kelly (2000); estudos esses que podem ser consultados e analisados no Capítulo 5, seção 5.3.

Quanto ao Gerenciamento de Riscos, essa pesquisa limita-se a utilizar suas técnicas de identificação, análise, avaliação e prevenção, única e exclusivamente, para a solução de problemas que ocorrem no ambiente de manufatura das oito empresas que farão parte do estudo empírico.

Quanto aos resultados, esse trabalho limita-se a conhecer os principais problemas que ocorrem na manufatura, sua frequência de ocorrência, os principais tipos de flexibilidades sugeridos para a solução desses problemas e quais tipos de flexibilidades são indicados para compor uma carteira ideal de flexibilidade. Dessa forma, não há a preocupação em se conhecer outros aspectos, mesmo que relevantes, por fugirem ao proposto pelo objetivo geral da presente pesquisa; como por exemplo, pesquisar como

as empresas desenvolvem as dimensões de flexibilidades sugeridas para a solução dos problemas mais graves nas indústrias; ou, se levantar a causa da escolha de determinado tipo de flexibilidade para a solução de determinado tipo de problema.

Além disso, como a pesquisa fundamentou-se na percepção dos respondentes, coletadas por meio de questionários, a subjetividade é inevitável, pois não há preocupação com a realização de possíveis correlações mais objetivas entre variáveis. Ou seja, o fato das entrevistas (questionários) apoiarem-se no ponto de vista das pessoas pode, eventualmente, gerar distorções quanto aos resultados da pesquisa. Como as pessoas possuem diferentes características, experiências e expectativas, elas podem direcionar as respostas as suas necessidades, mesmo que inconscientemente, pois estão apoiadas fortemente em seu próprio quadro referencial.

No tocante ao instrumento de coleta de dados, por ser um questionário de perguntas fechadas, com algumas questões de escala de medida atitudinal e ordinal, ele apresenta o risco potencial de que suas respostas sejam ‘viciadas’, ou seja, com a finalidade de terminar as questões com o menor tempo possível o respondente pode, por exemplo, marcar a primeira questão de cada pergunta, não trazendo a tona seu ponto de vista sobre determinado assunto. Além disso, apresenta como limitações a falta de flexibilidade e a impossibilidade de obtenção de informações adicionais e espontâneas por parte dos respondentes (RICHARDSON, 1999).

### 3. RISCOS E INCERTEZAS NO AMBIENTE INDUSTRIAL

Esse capítulo aborda o conceito de riscos e incertezas e, também, a segmentação dos diferentes tipos de riscos que existem no meio empresarial, dando um enfoque especial aos riscos inerentes ao ambiente operacional das organizações, sobretudo daquelas ligadas ao ramo industrial. Tal capítulo ajudará no entendimento dos riscos e, por conseguinte, permitirá uma melhor compreensão do capítulo que contemplará o assunto gerenciamento de riscos.

Segundo Santafé Junior & Costa (2002), observa-se no panorama mundial que profissionais de diferentes áreas de atuação têm buscado o uso de métodos no âmbito da análise de riscos. Correa & Giansi (1993) também advogam a necessidade de ações que minimizem as condições de risco, uma vez que é impossível eliminar todos os componentes incertos dos processos produtivos, ou seja, sempre existirá certo grau de incerteza afetando as variáveis envolvidas no processo. Convergindo à relevância desse assunto no contexto industrial, Slack (1993) afirma que nem tudo no ambiente da manufatura é totalmente confiável. O inesperado, ou, pelo menos o não planejado, ocorre e, de alguma forma, deve ser acomodado.

Conforme Correa (1994), em uma pesquisa realizada junto a gerentes de sistemas de produção de empresas brasileiras e inglesas do ramo automobilístico, foram apontadas várias fontes de incertezas e falta de coordenação ao longo dos processos produtivos. Incertezas com o suprimento de materiais, *mix* de produtos da demanda e quebras de máquina foram, pela ordem, as fontes de incerteza mais citadas. O mais preocupante é que, apesar de todos esses apontamentos, o risco operacional ainda está em processo de evolução de definições e de metodologia, estando em processo de acumulação de dados e de história mais recente (BARALDI, 2005).

Existe uma forte preocupação com os riscos nas instituições financeiras, inclusive com o desenvolvimento de sofisticados modelos voltados para seu gerenciamento. Entretanto, no que diz respeito às instituições não financeiras, depara-se com uma gama de outros riscos de maior importância. Conforme Porter (1989), toda empresa lida de algum modo com a incerteza. Porém, normalmente, ela não é abordada de um modo adequado na formulação da estratégia competitiva, onde as

estratégias são freqüentemente baseadas na suposição de que o passado irá repetir-se; ou nas previsões implícitas dos próprios gerentes quanto ao futuro mais provável de uma indústria.

Corroborando com Baraldi (2005), Fama *et al.* (2002, p. 36) afirmam que:

Embora as pesquisas sobre riscos tenham progredido de forma substancial nas últimas décadas, [...] elas têm se concentrado na análise e gerenciamento do risco financeiro [...], mas, de uma forma geral, pouca atenção tem sido dada, no ambiente acadêmico, aos demais tipos de riscos enfrentados pelas organizações.

Segundo Padoveze & Bertolucci (2005) é clara a ausência de trabalhos aprofundados sobre o tema do gerenciamento do risco empresarial, ainda que a área financeira ofereça muitos estudos sob uma ótica mais específica. Nessa concepção, Nohara *et al.* (2002), defendem que uma compreensão ampla do ambiente operacional é um importante primeiro passo no desenvolvimento do perfil de risco empresarial e que para se definir o modelo adequado para o gerenciamento do risco é necessário, primeiramente, definir quais são os riscos existentes.

No estudo desse assunto, uma dificuldade muito comum está na constante confusão entre o termo riscos e o termo incertezas, os quais são muitas vezes utilizados indiscriminadamente (LORENZ *et al.*, 2006). Pesquisas destes autores, e também Zafiropoulos *et al.* (2005), remetem a várias definições de risco, a saber:

- A probabilidade de que um determinado evento adverso ocorrer durante um período de tempo indicado ou resulte de um desafio específico;
- A medida de uma perda identificada como possível resultado da decisão;
- A probabilidade de que uma taxa de retorno esperada não ocorra;
- Situação em que todos os possíveis resultados, juntamente com as suas probabilidades de ocorrência, são conhecidos;
- Volatilidade do retorno de um ativo, quantificado por meio da variância ou desvio padrão;
- É uma palavra que remete ao futuro, existindo somente na imaginação;
- Um fator constituído de: Risco = perigo x exposição, aonde perigo é a maneira pela qual uma coisa ou situação pode causar danos (perda de desempenho e dinheiro), ao passo que exposição é a medida de quanto o

possível sofredor do dano pode ser influenciado pelo perigo, envolvendo noções de frequência e probabilidade;

- Um acontecimento incerto ou condição que, se ocorrer, tem um efeito positivo ou negativo sobre os objetivos de um projeto;
- Um acontecimento futuro que pode ou não ocorrer, cuja probabilidade de ocorrência é entre 0% e 100%, sendo sua consequência inesperada ou não planejada.

E sobre o termo incerteza, as definições compiladas pelos mesmos autores são:

- Qualquer coisa que não é conhecida sobre o resultado de uma ação no momento em que uma decisão é tomada;
- Situações em que os resultados e as suas probabilidades não são conhecidos;
- A incerteza surge devido a uma falta de conhecimentos ou informações incompletas sobre todos os fatores que podem ser usados em uma análise;
- A menos que um fato ocorra, qualquer estimativa é uma incerteza.

Tais definições estão alinhadas com as desenvolvidas por Kopittke & Casarotto Filho (2000, p. 338): “Quando se conhece a distribuição de probabilidades dos dados de entrada, é possível uma análise sob condições de risco, utilizando-se modelos probabilísticos [...]. Quando nada ou pouco se conhece sobre os dados de entrada, a análise acontece sob condições de incerteza”.

Como consequência, a incerteza precisa ser tratada numericamente (LORENZ *et al.*, 2006), como, por exemplo, pela utilização da simulação de Monte Carlo, na qual comportamentos aleatórios são simulados na forma de cálculos executados em um grande número de vezes, permitindo atribuir uma distribuição de probabilidade para cada entrada, as quais podem ser uma distribuição normal, ou uniforme, ou triangular ou distribuição lognormal. Ao fazê-lo, múltiplos resultados possíveis são produzidos, os quais podem ser analisados estatisticamente para fornecer a média, a distribuição de probabilidade, faixa, o desvio-padrão, a deformação, etc. As informações sobre premissas e resultados da simulação do processo, junto ao valor estimado, permitem que o usuário final entenda as incertezas e pode, por exemplo, dar uma visão clara necessária a uma decisão a ser tomada (LORENZ *et al.*, 2006).

### 3.1. RISCOS EMPRESARIAIS

Especificamente sobre risco, observa-se tratar de um assunto muito abrangente, existindo inúmeras definições, origens e tipos. Entretanto, afinando sua definição para o contexto empresarial, Panhoca (2000) e Padoveze & Bertolucci (2005), observam risco como a possibilidade de um insucesso na área de negócios, que poderá afetar o patrimônio líquido de uma entidade, ou ainda, o perigo iminente e relevante de uma perda contingencial irrecuperável, devido à probabilidade de ocorrência de um evento indesejado. Santos (2002) possui uma definição alinhada com os autores anteriores, definindo risco empresarial como a possibilidade de perda decorrente de um determinado evento. Nesse caso, perda para a empresa significa prejuízo ou lucro menor. Baraldi (2005, p. 13), por sua vez, afirma que:

Os riscos empresariais são todos os eventos que impedem a empresa e as pessoas de ganharem dinheiro e respeito. São elementos incertos e expectativas que agem constantemente sobre os meios estratégicos e o ambiente, provocando desastres financeiros.

A existência de riscos na organização está diretamente ligada ao tipo de negócio, produto, mercado, localização geográfica, nível de segurança existente, programas de sensibilização dos colaboradores, perfil de seus colaboradores, controles internos, entre outros. A gama de variáveis é muito grande e, assim, observa-se que a identificação de sua causa exige um conhecimento profundo das características conjunturais da empresa, interpretando os sinais que a corporação emite no seu dia-a-dia (BRASILIANO, 2003).

Quanto as suas origens, o risco pode surgir de várias formas, podendo estar ligado às decisões de investimentos, no lançamento de determinado produto, no processo produtivo, nas estratégias de marketing, no relacionamento com fornecedores, na competição de mercado e incertezas quanto ao comportamento das vendas, entre outros fatores (LINSMEIER & PEARSON, 1996).

Esses riscos muitas vezes se tangenciam, interagem-se e se somam, afetando os resultados organizacionais, conforme ilustra a Figura 40.



Figura 40: Tipos de riscos e seu impacto nos resultados organizacionais  
 Fonte: Adaptado de Brasiliano (2003)

Os riscos ilustrados na Figura 40 são oriundos de dois grandes segmentos: Os riscos endógenos e os riscos exógenos. Santos (2002) também os denominam de riscos oriundos do ambiente externo e do ambiente interno, segmentando-os em várias categorias, conforme aborda o Quadro 2.

Quadro 2: Classificação dos riscos empresariais

<b>RISCO EMPRESARIAL TOTAL</b>				
Riscos Oriundos do Ambiente Externo		Riscos Oriundos do Ambiente Interno		
Riscos do Macroambiente	Riscos do Ambiente Setorial	Riscos Financeiros	Riscos Operacionais	
			Gerais	Funcionais
<ul style="list-style-type: none"> <li>- político-legais</li> <li>- econômicos</li> <li>- demográficos</li> <li>- naturais</li> <li>- tecnológicos</li> <li>- sociais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de fornecedores</li> <li>- de clientes</li> <li>- de concorrentes</li> <li>- de produtos alternativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de liquidez</li> <li>- de crédito</li> <li>- de mercado</li> <li>- legais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- da estrutura de custos</li> <li>- de sucessão</li> <li>- de fraudes</li> <li>- corporativos</li> <li>- de sistemas</li> <li>- de greves</li> <li>- de erros</li> <li>- de infra-estrutura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- da área administrativa</li> <li>- da área de compras</li> <li>- da área de marketing</li> <li>- da área de vendas</li> <li>- da área de produção/logística</li> <li>- da área de sistemas/Internet</li> <li>- da área contábil/fiscal</li> <li>- da área de distribuição</li> </ul>

Fonte: Santos, 2002

Aprofundando ainda mais a classificação dos riscos, alguns autores, dos quais se destacam Brito (2003) e Brasiliano (2003), segmentam, em plena concordância, os tipos de riscos em quatro grandes grupos:

- Risco de Mercado – medida numérica da incerteza relacionada aos retornos esperados de um investimento, em decorrência de variações em fatores como taxas de juros, taxas de câmbio, preços de ações e *commodities*. As principais subáreas do risco de mercado são: de Taxas de Juros, de Taxas de Câmbio, de *Commodities*, de Ações, de Liquidez, de Derivativos, de *Hedge* e de Concentração (mercado);
- Risco de crédito – medida numérica da incerteza relacionada ao recebimento de um valor contratado, a ser pago por um tomador de um empréstimo, contraparte de um contrato, descontadas as expectativas de recuperação e realização de garantias. As principais subáreas do risco de crédito são: de Inadimplência, de Degradação de Crédito, de Degradação das Garantias, de Financiador, de Concentração (crédito);
- Risco Legal – medida numérica da incerteza dos retornos de uma instituição, caso seus contratos não possam ser legalmente amparados por falta de representatividade por parte de um negociador, por documentação insuficiente, insolvência ou ilegalidade. As principais subáreas do risco legal são: de Legislação, Tributário e de Contrat;.
- Risco Operacional – uma medida numérica da incerteza dos retornos de uma instituição, caso seus sistemas, práticas e medidas de controle não sejam capazes de resistir à falhas humanas, danos à infra-estrutura de suporte, utilização indevida de modelos matemáticos ou produtos, alterações no ambiente dos negócios, ou a situações adversas de mercado. As principais subáreas do risco operacional são: de *Overload*, de Obsolescência, de Presteza e Confiabilidade, de Equipamento, de Erro Não Intencional, de Fraudes, de Qualificação, de Produtos e Serviços, de Regulamentação, de Modelagem, de Liquidação Financeira, Sistêmico, de Concentração (operacional), de Imagem e de Catástrofe.

Uma vez que se pretende pesquisar os principais tipos de flexibilidade para neutralizar ou minimizar os efeitos dos riscos na manufatura, as próximas seções aprofundarão temas relacionados ao risco operacional e ao risco do ambiente setorial.

## 3.2. RISCOS OPERACIONAIS

O ambiente operacional é onde se desenvolvem as operações da empresa, tais como compras, vendas, produção, estando sempre sujeito à falha humana e, por isso, torna-se um natural ambiente gerador de riscos. Conforme Baraldi (2005), esses riscos podem ser gerais, relacionados ao todo da empresa, como uma greve de funcionários, por exemplo; e riscos operacionais funcionais, relacionados a uma área específica da empresa, como uma quebra de um equipamento. Especificamente dentro do contexto operacional funcional, existem os riscos associados à cadeia de suprimentos, que são de grande interesse para a presente pesquisa. Os tópicos subsequentes abordarão esses riscos.

### 3.2.1. Riscos Operacionais Gerais

Riscos Operacionais Gerais são aqueles que podem surgir em áreas operacionais específicas ou em algumas áreas ou, ainda, em todas simultaneamente, podendo ser classificados em: riscos de infra-estrutura, de fraudes, de erros, de greves, da estrutura de custos, de sucessão, corporativos e de recursos humanos. Eles estão detalhados, conforme Brasiliano (2003) e Santos (2002), a seguir:

- Riscos de Infra-Estrutura - São ocasionados por problemas de infra-estrutura como estradas, energia elétrica, telecomunicações, água e esgotos, e ainda, problemas relacionados aos sistemas de locomoção para funcionários, fornecedores e clientes, que podem ser: perdas decorrentes de falta de água, de falta de energia elétrica, de falta de funcionário em função de greves, de meios de transporte, perdas decorrentes de dificuldades de acesso às lojas pelos clientes, entre outros tipos de problemas relacionados;
- Riscos de Fraudes - É o risco de perdas em decorrência ações intencionais fraudulentas como adulteração de controles, desvio de valores, divulgação de informações erradas e outras que redundam em prejuízo para a empresa tais como: perdas em função de roubo de materiais do estoque, perdas em

decorrência de incêndios intencionais, perdas ocasionadas por vendas efetuadas com valores sub-avaliados, ou ainda perdas decorrentes de operações financeiras obscuras com o objetivo de beneficiar funcionários;

- Riscos de erros - São normalmente causados sem intenção, podendo ocorrer em qualquer momento. São definidos como o risco de perdas em decorrência de omissão ou negligência de funcionários. Exemplos desse tipo de risco incluem: avarias causadas em máquinas da empresa por utilização inadequada, perdas decorrentes de incêndios não intencionais, pagamentos de contas efetuados com atraso ocasionando multas, utilização de relatório não conferido em processos e, ainda, informações desencontradas que possam confundir clientes;
- Riscos de greves – As greves significarão atrasos na produção e, conseqüentemente, nas entregas, podendo ainda causar avarias em equipamentos (dependendo do temperamento dos funcionários). Estes riscos também podem afetar o sistema de transporte, acarretando atraso dos funcionários. Podem também afetar as repartições públicas, como Receita Federal, por exemplo, acarretando atrasos em processos de importação;
- Riscos Corporativos – São aqueles originados por reflexos de problemas ocorridos em empresas do mesmo grupo econômico, trazendo efeitos negativos como prejuízos em controladas/coligadas, falência da controladora, perdas decorrentes da falta de credibilidade no mercado dos novos proprietários;
- Riscos da Sucessão – Sucessão refere-se à substituição de funcionários estratégicos da empresa, podendo incluir o presidente e altos executivos da empresa. Como exemplos destes riscos, podemos citar: perdas de clientes que tinham preferência por determinado vendedor e o mesmo passou para a concorrência, ou perdas pela saída de importante técnico ou ainda perdas por decorrência da saída do gestor financeiro;
- Riscos de Estrutura de Custos – Como os custos totais da empresa abrangem custos fixos e variáveis, situações temporárias de queda de

produção e, conseqüentemente, de vendas por quaisquer motivos, são mais prejudiciais para empresas com maiores custos fixos em suas estruturas;

- Riscos de Recursos Humanos – Uma empresa é formada por pessoas que reúnem necessidades, crenças, medos, expectativas, posturas diversas, enfim, diversas variáveis de difícil gerenciamento, de maneira que, se a imagem da organização depende em grande parte das atitudes de seus funcionários, riscos como perdas decorrentes da falta de treinamento do pessoal, ou por falta de motivação por diversos motivos poderão ocorrer;
- Riscos Sociais – A forma de consumir de uma sociedade é o reflexo de seus valores e crenças, os quais dependem do estágio em que esta se encontra em termos de escolaridade, cultura, acesso aos meios de informação, nível de conscientização política e ecológica e poder aquisitivo, sendo inegável o caráter altamente dinâmico que tais variáveis sociais incutem às organizações;
- Riscos Ambientais – a proteção do meio ambiente é hoje uma responsabilidade de todos. Ações que remetem a possibilidade de eventos danosos ao meio ambiente comprometem a sustentabilidade dos negócios, onde as restrições ao uso indiscriminado dos recursos naturais devem ser definidas pela sua capacidade de suporte e renovação.

### **3.2.2. Riscos Operacionais Funcionais**

As áreas funcionais da empresa constituem fontes específicas de riscos, subdividindo-se basicamente, conforme Baraldi (2005), em:

- Riscos da Área Administrativa - Por ser esta área responsável pelo controle, formalização e documentação de todas as operações e pessoas que integram a empresa, a mesma fica sujeita a riscos do tipo: perdas por controles inadequados de estoques improdutivos, perdas por documentação incompleta ou falta de documentação, entre outros;

- Riscos da Área de Compras – Os riscos nessa área podem ser: perdas causadas pelo aumento do poder de negociação dos fornecedores, perdas decorrentes de falência de fornecedores;
- Riscos da Área de Marketing – Esta área está ligada às pesquisas de mercado, atividades ligadas a lançamento e desenvolvimento de novos produtos, implementação e coordenação de campanhas publicitárias e outras atividades ligadas á campanhas publicitárias, trazendo riscos como perdas decorrentes de lançamentos de produtos fora do *timing*, perdas decorrentes de campanhas publicitárias mal recebidas pelo público, ou ainda, ocorrer perdas em função de pesquisas de mercado mal desenvolvidas;
- Riscos da Área de Sistemas/Internet – Por ser esta área considerada estratégica para a viabilização das operações administrativas, técnicas e financeiras da empresa, principalmente após a criação dos chamados “*softwares* integrados de gestão” a da democratização de informações em função da Internet, a mesma pode trazer riscos do tipo: perdas em função de “panes” nos sistemas, perdas decorrentes de ações de *hackers*, perdas decorrentes de vírus de computadores, perdas por utilização de *softwares* inadequados, e decorrentes de horas gastas inadequadamente em navegação na Internet por funcionários com assuntos não ligados à empresa;
- Riscos da Área de Produção/Logística – Cabe a esta área a produção e a transformação de matérias-primas em produtos acabados prontos para comercialização, com custos e qualidade adequados, podendo trazer riscos como: consumo excessivo de energia, ociosidade de operários, desperdícios de materiais nas fases de processamento, entre outros similares;
- Riscos da Área Contábil / Fiscal - A área contábil é a que controla os fatos contábeis, e oferece informações para serem analisadas pela legislação societária, fiscal e gerencial. Como exemplos de riscos citam-se: perdas

decorrentes do não-atendimento à legislação societária/ fiscal, e também por informações incorretas fornecidas para os gestores;

- Riscos da Área de Distribuição – Uma vez os produtos acabados e em plenas condições de comercialização, é necessário que haja uma perfeita distribuição desses de maneira que os mesmos cheguem ao cliente com menor custo e maior rapidez. Exemplos de riscos nesta área são: perdas causadas por acidentes e falta de cuidado na manipulação dos produtos ou atrasos e perdas por utilização de meios de transporte com alto custo.

### 3.2.2.1. Riscos associados à cadeia de suprimentos

Os riscos associados à cadeia de suprimentos são aqueles que ameaçam o fluxo de materiais e de informações, desde os fornecedores de matéria-prima até a entrega do produto ao cliente final.

Donato *et al.* (2007) segmentam essa classe de riscos em: i) riscos relacionados à integração entre os planejamentos de demanda e suprimentos; ii) riscos relacionados aos estoques; iii) riscos de segurança e privacidade das informações; iv) riscos devido à ineficiência de processos; v) riscos relacionados à introdução e ao ciclo de vida de produtos; vi) riscos de integridade e disponibilidade das informações; vii) riscos relacionados à satisfação dos clientes e aos serviços oferecidos; viii) diversos riscos associados à interrupção da cadeia de suprimentos.

Segundo esses autores, os fatores que geram esses riscos são os seguintes: a centralização das fontes de suprimento; a falta de visibilidade completa da cadeia; a dependência de novas tecnologias; a globalização da manufatura; o mercado volátil; a maior complexidade das relações interorganizacionais, fatores políticos e sociais, foco em eficiência e não em eficácia, fábricas especialistas e distribuição centralizada, a terceirização, a volatilidade da demanda e a falta de visibilidade e controle dos procedimentos.

### 3.2.3 Riscos do ambiente setorial

Além dos riscos operacionais, existem os riscos relacionados ao ambiente setorial da empresa. De acordo com Santos (2002, p. 47):

Os interesses e as expectativas dos componentes do ambiente setorial são normalmente antagônicos em relação ao das empresas, cabendo à área de gerenciamento de riscos a análise estratégica de tais interesses para dotar os setores responsáveis diretos pela interface com esses elementos de informações adequadas para os processos de negociações.

Segundo Santos (2002), o ambiente setorial está mais próximo do dia a dia das operações da empresa e dele fazem parte: fornecedores, clientes, concorrentes e produtos alternativos. Abaixo, esse autor faz uma abordagem sobre cada um desses tipos de riscos, oriundos do ambiente setorial:

- Riscos de fornecedores – os fornecedores de matéria-prima e materiais do processo de produção são responsáveis pela margem bruta do lucro da empresa, ganhando assim um caráter estratégico. Normalmente possuem interesses que contrastam com os interesses da empresa, em relação a preço, prazo, diversidade de fornecedores, entre outros, onde o equilíbrio entre os interesses dos fornecedores e empresa se dará em função do poder de negociação entre as partes envolvidas. Como exemplos desses riscos citam-se: aumento de preço, redução de prazos, aumento dos custos de fretes e função da mudança de endereço do fornecedor, aumento do poder de negociação do fornecedor em função de fusões que permitem um maior poder aquisitivo, dificuldades que conduzem a necessidade de antecipação de valores aos fornecedores, a falência de importantes fornecedores, aumento de juros, aumento de preços em função de taxas de câmbio (no caso de produtos importados);
- Riscos de clientes – os clientes são importantes para a empresa, uma vez que deles dependem a sua sobrevivência e seu crescimento. As estratégias comerciais da empresa devem ser elaboradas a partir do entendimento de

suas necessidades e expectativas. Clientes têm como principais interesses aspectos relativos a preços reduzidos, prazos elevados, alta qualidade, garantias, bom atendimento, assistência técnica, atendimento por vários fornecedores. Como exemplos de riscos, citam-se: a perda do cliente para concorrentes mais ousados, a perda em função de preços altos, prazos baixos, baixa qualidade, serviço falho de assistência técnica, inadimplência e outros;

- Riscos de concorrentes – Os riscos causados por concorrentes são normalmente a perda de clientes por estratégias lícitas ou ilícitas, usadas pelos mesmos;
- Riscos de produto alternativos – esses são causados por produtos legais de menor qualidade e, conseqüentemente, mais baratos, podendo também ser ilegais, falsificados, contrabandeados e, também por isso, com um menor valor de mercado. As vendas desses produtos são significativas, uma vez que sua comercialização é cada vez maior, trazendo inclusive confusão para consumidores por sua similaridade com marcas tradicionais.

### 3.3 INCERTEZAS EMPRESARIAIS

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 dessas incertezas, Slack (1993) acrescenta 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.

Gatignon & Anderson (1988), pesquisando as principais incertezas empresariais, concentraram seus estudos na incerteza do ambiente empresarial. Segundo esses autores, as incertezas do ambiente são segmentadas em incertezas do ambiente político, jurídico, cultural e econômico e ameaçam a estabilidade de uma operação empresarial. Tais incertezas atuam diferentemente sobre empresas de serviços e de manufatura: a indissociabilidade produção-consumo na primeira faz com que as empresas de serviço exijam um maior controle, a fim de lidar com as mudanças no ambiente mais rapidamente. Já para empresas de manufatura, segundo os mesmos autores, a elevada incerteza ambiental conduz a uma necessidade de maior flexibilidade e, por conseguinte, à utilização de formas de controle mais amenas, limitando sua exposição a esse risco ao restringir o comprometimento de seus recursos, sugerindo *joint-ventures*, por exemplo, para reduzir a exposição existente no comprometimento de ativos fixos.

Paradoxalmente, o estudo de Zafiroopoulos *et al.* (2005) indica que, em se tratando de incerteza comportamental, a situação se inverte, pelo fato das empresas de serviço serem usualmente de uso mais intensivo de mão-de-obra, enquanto as de manufatura. Neste caso, ao lidar com as diferenças existentes, por exemplo, nas filiais no exterior, o aumento da distância geográfica e/ou diferenças culturais podem gerar um aumento nos custos indesejável, o que faz com que as empresas de serviços tendam a evitar controles muito estreitos quando a incerteza comportamental aumenta. Para empresas de manufatura, por outro lado, devido à natureza do investimento intensivo, há preferência por controles mais presentes e próximos, obtidos a custo relativamente baixo.

O levantamento bibliográfico feito por Pagell & Krause (1999) mostrou diversas segmentações e dimensões do ambiente externo e a interação da empresa com este, tais como:

- Escopo geográfico da empresa, mercado e clientes;
- Incertezas em demandas, suprimentos e competição; e
- Competidores, clientes e fornecedores.

Vokurka & O'Leary-Kelly (2000) propuseram cinco (5) itens para medir a incerteza ambiental, incorporando um conceito muito mais amplo do ambiente externo do que apenas incerteza de demanda ou *mix*. As medidas propostas foram:

1. Usuários dos seus produtos no momento;
2. Competidores por seus suprimentos de matéria-prima;
3. Competidores por seus clientes;
4. Regulamentação governamental controlando sua indústria; e
5. Visão política e atitudes do público com relação à sua indústria.

Gupta & Buzacott (1989) referenciaram estudos voltados à segmentação das mudanças de curto, médio e longo prazo, seja para demanda ou disponibilidade de recursos. Mudanças de curto prazo estariam relacionadas, por exemplo, aos tipos de peças produzidas numa máquina sem necessidade de *setup* ou do *mix* de produtos (demanda), falha de máquinas ou equipamentos de movimentação, desgaste ou falha de ferramenta, variação no tempo de máquinas e gargalos de recursos comuns, como máquinas, ferramentas, etc. (disponibilidade de recursos). Para médio prazo têm-se os erros de previsão por flutuação de mercado (demanda) e falhas de maior impacto em máquinas e equipamentos (disponibilidade de recursos). Finalmente no longo prazo cita-se a introdução de novos produtos e descontinuidade de produto por obsolescência (demanda) e desenvolvimento de nova matéria-prima, máquinas e processos produtivos (disponibilidade de recursos).

## 4 GERENCIAMENTO DE RISCOS OPERACIONAIS

Uma vez estudado o significado de risco, sua tipologia e impactos às organizações, torna-se essencial conhecer metodologias para seu gerenciamento, monitoramento e controle, sendo este o assunto a ser abordado nesse capítulo. Como se trata de um assunto bastante abrangente, podendo ser utilizado em finanças, meio-ambiente, segurança do trabalho, medicina, transportes, gerenciamento de projetos, manufatura, entre outras áreas de conhecimento, possui as mais variadas definições, tratamentos e metodologias de ação. Exatamente por conta dessa vasta abrangência, ressalta-se que os estudos de gerenciamento de riscos serão enfatizados na área operacional industrial, de forma a envolver ferramentas que analisem e tratem os riscos oriundos da cadeia produtiva, desde os fornecedores de matéria-prima à distribuição e entrega do produto acabado.

### 4.1 DEFINIÇÃO E ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE RISCOS

Apesar dos benefícios advindos do gerenciamento de riscos serem, de certo, superiores aos custos de sua implantação (BARALDI, 2005), observa-se no cenário nacional tratar-se de uma prática não usual nas empresas brasileiras (ALBERTON, 1996). Exatamente por conta dessa realidade, a prática de gerenciamento de riscos deve ser cada vez mais inserido dentro das funções estratégicas da empresa e como tal deve ser coerente com a visão, missão e estratégia organizacional tanto em um desdobramento hierárquico (*top-down*) como a necessária contribuição (*bottom-up*) (NOHARA *et al.*, 2002).

Longe de ser uma ciência exata, o gerenciamento de riscos é uma alquimia de bom senso, análise criteriosa, visão e intuição (GRAEML, 1998). Pode ser entendido como um processo de tomada de decisão que visa minimizar as conseqüências de possíveis eventos negativos no futuro, sendo uma abordagem pró-ativa para identificar riscos potenciais, analisá-los, avaliá-los e planejar respostas necessárias para seu monitoramento e controle (ZAFIROPOULOS *et al.* 2005). Conforme Nohara *et al.* (2002), o termo Gerenciamento de Risco deve ser entendido como uma abordagem

sistemática de estabelecer o curso de ação frente a incertezas pela identificação, avaliação, compreensão, ação e comunicação dos itens de risco.

De uma forma objetiva, para o que se propõe a presente tese, pode-se definir gerenciamento de riscos como a ciência, a arte e a função que visa à proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, buscando a diminuição de erros e falhas e o estabelecimento de planos de ação de emergência para seu controle (BRASILIANO, 2003).

Existem várias e diferentes etapas no que se concerne ao processo de gerenciamento de riscos. Alguns autores sugerem um mínimo de três etapas. Outros, por sua vez, propõem uma detalhada segmentação em até onze diferentes fases. Schenini *et al.* (2006), por exemplo, segmentam o processo de Gerenciamento de Riscos em quatro etapas, a saber: 1ª etapa: análise e avaliação dos riscos – essa etapa possui como objetivo principal reconhecer os potenciais de perturbações dos riscos; 2ª etapa: identificação das alternativas de ação – essa etapa é responsável pela tomada de decisão quanto a evitar, reduzir transferir ou assumir os riscos; 3ª etapa: elaboração da política de riscos – possui por objetivo estabelecer os objetivos e programas de prevenção; e 4ª etapa: a execução e controle das medidas de segurança adotadas – que tem por finalidade executar as etapas anteriores e seu controle. Para uma melhor compreensão dessas quatro fases, Alberton (1996) propõe o esquema da Figura 41.

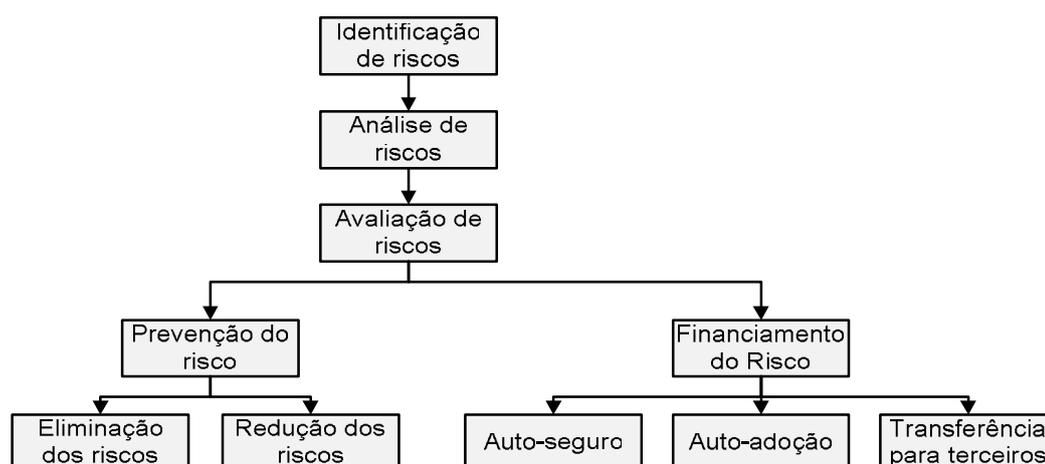


Figura 41: Etapas para o Gerenciamento de Riscos  
Fonte: Adaptado de Alberton (1996)

Já a norma AS/NZS 4360, que é a primeira norma do mundo em nível internacional sobre o tema em questão, propõe o gerenciamento de riscos em cinco etapas, conforme ilustra a Figura 42.

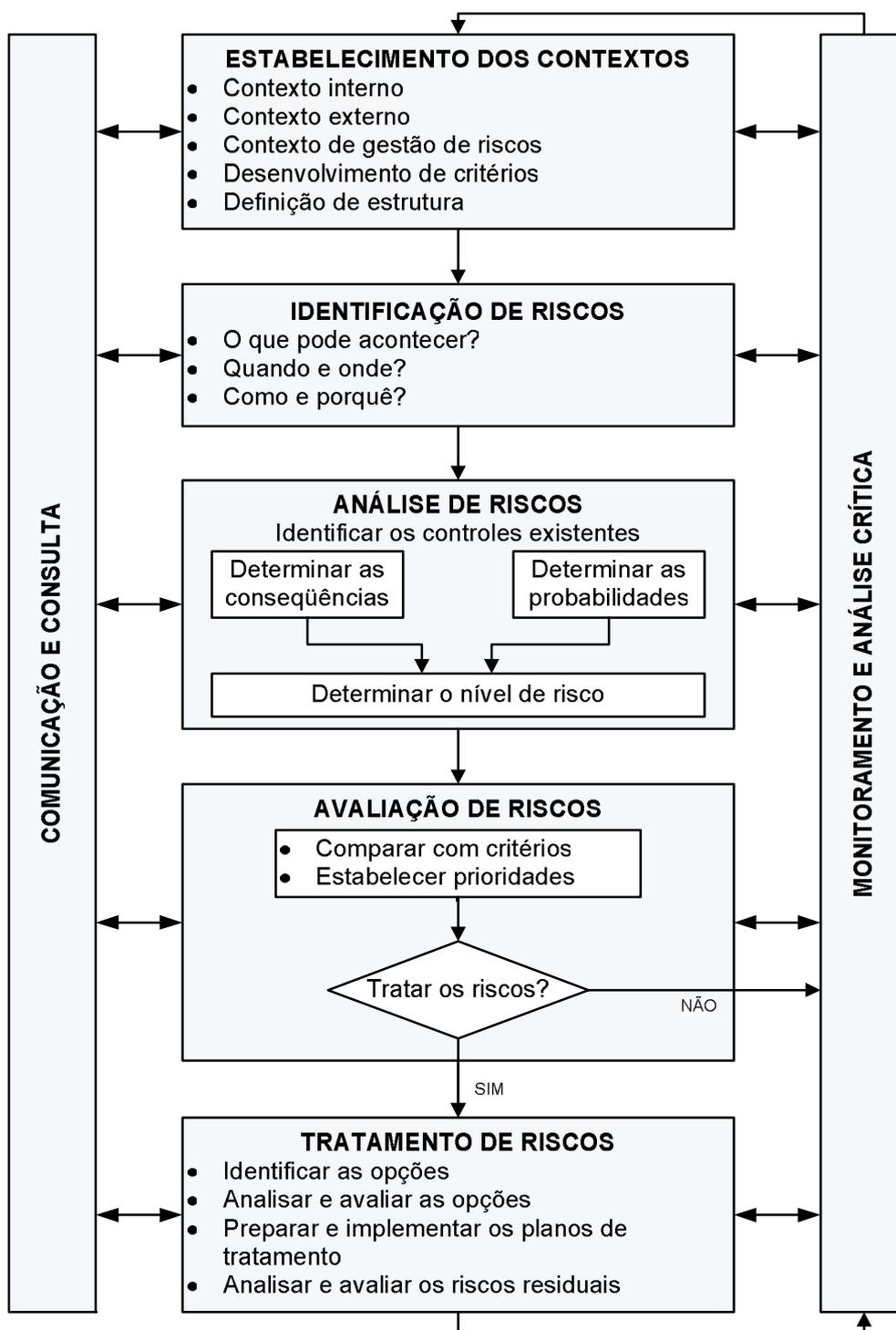


Figura 42: Processo de gestão de risco proposto na norma AS/NZS 4360  
 Fonte: Série Risk Management (2004)

O processo de gerenciamento de risco, proposto pela AS/NZS 4360 por meio da Figura 42, pode ser assim explicada:

- **Comunicação e consulta** - comunica e consulta as partes envolvidas internas e externas, conforme apropriado, em cada etapa do processo de gestão de riscos e em relação ao processo como um todo;
- **Estabelecimento dos contextos** - estabelece o contexto externo, o interno e o da gestão de riscos nos quais se desenvolverá o restante do processo. Devem ser estabelecidos os critérios em relação aos quais os riscos serão avaliados e deve ser definida a estrutura da análise;
- **Identificação de riscos** - identifica onde, quando, por que e como os eventos podem impedir, atrapalhar, atrasar ou melhorar a consecução dos objetivos; de um modo geral, estão contempladas nesta fase as atividades nas quais procuram-se situações, combinações de situações e estados de um sistema que possam levar a um evento indesejável;
- **Análise de riscos** - A fase de análise de riscos consiste no exame e detalhamento dos riscos, identificando e avaliando os controles existentes. Envolve determinar as conseqüências e a probabilidade e, por conseguinte, o nível de risco. Tal análise deve considerar as diversas conseqüências potenciais e como elas podem ocorrer;
- **Avaliação de riscos** - o que se procura nessa fase é a quantificação de possíveis e potenciais eventos indesejados, comparando os níveis de risco estimados com os critérios estabelecidos previamente. Isso possibilita que sejam tomadas decisões quanto à extensão e à natureza dos tratamentos necessários e quanto às prioridades. Dessa forma, o risco é identificado por meio de sua probabilidade e as possíveis conseqüências expressas em danos pessoais, materiais ou financeiros;
- **Tratamento de riscos** - A fase de tratamento dos riscos contempla a tomada de decisão quanto ao desenvolvimento e implementação de estratégias e planos de ação referente àqueles riscos identificados, analisados e avaliados, tanto para aumentar os benefícios potenciais, quanto para reduzir os custos potenciais; Segundo Alberton (1996), o

tratamento de riscos aborda um e apenas uma dos seguintes caminhos: eliminação, redução, retenção ou transferência dos riscos detectados nas etapas anteriores;

- **Monitoramento e análise crítica** - Todo o processo da gestão do risco empresarial deve ser monitorado e, se necessário, deve-se proceder as modificações necessárias para a melhoria continua do processo de gerenciamento de risco. Essa fase monitora a eficácia de todas as etapas do processo de gestão de riscos.

Brasiliano (2003), por sua vez, propõe um método de gerenciamento de riscos em 11 etapas, chamado pelo autor em questão de Método Brasileiro. As fases desse método são:

- Primeira Fase – Esta fase visa identificar variáveis externas da empresa, que possam lhe trazer conseqüências negativas ou positivas. Nela são elaborados cenários específicos de riscos, que procuram “levantar” rupturas de tendências. Quando isto acontece, a empresa deve avaliar quais as ações a serem tomadas para enfrentar ou tentar influenciar, de maneira a agir de maneira preventiva;
- Segunda Fase – Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso. Nesta fase, realiza-se o levantamento, junto ao planejamento estratégico da empresa, de quais são os Fatores Críticos de Sucesso. Este levantamento se faz necessário para conhecimento de quais variáveis estratégicas que afetadas por riscos, irão prejudicar as metas empresariais;
- Terceira Fase – Diagnóstico – É a fase do planejamento que visa comparar as condições existentes, preventivas, frente aos riscos que a empresa se encontra exposta;
- Quarta Fase – Levantamento dos Riscos e suas origens – Nesta fase é feito o levantamento dos riscos corporativos que a empresa possui e o porquê, ou seja, suas origens, pois entendendo sua origem, tem-se melhores condições de elaborar soluções e implantar sistemas integrados que sejam realmente preventivos;

- Quinta Fase – Análise dos Riscos – Nesta fase é calculada a probabilidade de cada tipo de risco acontecer;
- Sexta Fase – Matrizes de Vulnerabilidade – É a fase onde é elaborada uma matriz onde se cruzam informações sobre o impacto financeiro ao negócio por cada tipo de risco e sua probabilidade de concretização. Esta matriz é dividida em quadrantes que priorizam o tratamento de cada tipo de risco;
- Sétima Fase – Políticas de Riscos – Uma vez que se tem o resultado da Matriz de Vulnerabilidade, sugere-se, nesta fase, a política de risco, ou seja, de como a empresa deve lidar com cada ameaça. A política de riscos cria parâmetros que irão fazer com que a agilidade e rapidez nas respostas e ações do gerenciamento de riscos aumentem;
- Oitava Fase – Soluções Estratégicas – É elaborada com base na política e na perda esperada. São um conjunto de medidas organizacionais, sistemas técnicos de prevenção, monitoração e recursos humanos que gerenciarão os riscos;
- Nona Fase - Metas de Redução da Perda Esperada – É a fase onde se elabora as metas a serem atingidas por solução estratégica e não por tipo de risco. Esta fase engloba a empresa como um todo e seus respectivos riscos.
- Décima Fase – Análise do Investimento – É nesta fase, com base nas metas, que se faz a relação custo x benefício entre o valor a ser investido e os resultados esperados de minimização de riscos.
- Décima Primeira Fase – Priorização, Controle e Avaliação – Nesta fase, priorizam-se os riscos a serem tratados e os sistemas a serem implantados. É nesta fase, também, que se elabora a forma que o projeto pretende monitorar os resultados e acompanhar a evolução de cada tipo de risco.

O Quadro 3 compila a abordagem de vários pesquisadores sobre o assunto e seus respectivos processos de gerenciamento de risco.

Quadro 3: Comparativo entre diferentes modos de gerenciamento de risco

<b>Pesquisadores / ano da pesquisa</b>	<b>Etapas propostas para o gerenciamento de risco</b>
Fama, Cardoso e Mendonça (2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar</li> <li>- Medir impacto</li> <li>- Decidir ação (se e como minimizar impacto)</li> </ul>
Brito (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar</li> <li>- Medir</li> <li>- Controlar</li> </ul>
Francis e Armstrong (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar</li> <li>- Analisar e avaliar</li> <li>- Tomar ação</li> </ul>
Wong (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar</li> <li>- Medir</li> <li>- Mitigar</li> </ul>
Barrese e Scordis (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir metas de risco-retorno</li> <li>- Identificar e avaliar</li> <li>- Adotar ferramentas de controle</li> <li>- Implementar</li> <li>- Monitorar</li> <li>- Fazer análise crítica</li> </ul>
IFAC (1999)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir perfil de risco</li> <li>- Identificar</li> <li>- Avaliar</li> <li>- Definir arquitetura do risco</li> <li>- Responder</li> <li>- Prover recursos</li> <li>- Comunicar e treinar</li> <li>- Monitorar</li> </ul>
Steinbert <i>et al.</i> (2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparar ambiente interno</li> <li>- Definir objetivos</li> <li>- Identificar</li> <li>- Avaliar</li> <li>- Responder</li> <li>- Controlar</li> <li>- Informar e comunicar</li> <li>- Monitorar</li> </ul>
Robillard (2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar</li> <li>- Avaliar</li> <li>- Medir probabilidade e impacto</li> <li>- Priorizar</li> <li>- Responder</li> <li>- Definir resultados desejados</li> <li>- Desenvolver opções</li> <li>- Selecionar/implementar estratégias</li> <li>- Monitorar e avaliar</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Padoveze & Bertolucci (2005)

Fato é que, sendo de quatro, cinco ou onze etapas, a relevância no processo de gerenciamento de riscos está concentrada na utilização dos recursos humanos, materiais, financeiros e tecnológicos de forma preventiva com o único e comum objetivo de evitar eventos indesejados e prejudiciais à organização.

E, por fim, para melhorar o desenvolvimento das etapas do processo de

gerenciamento de riscos, Nohara *et al.* (2002) propõem a utilização de princípios de gestão do conhecimento voltados para o gerenciamento de riscos conforme ilustra o esquema da Figura 43.

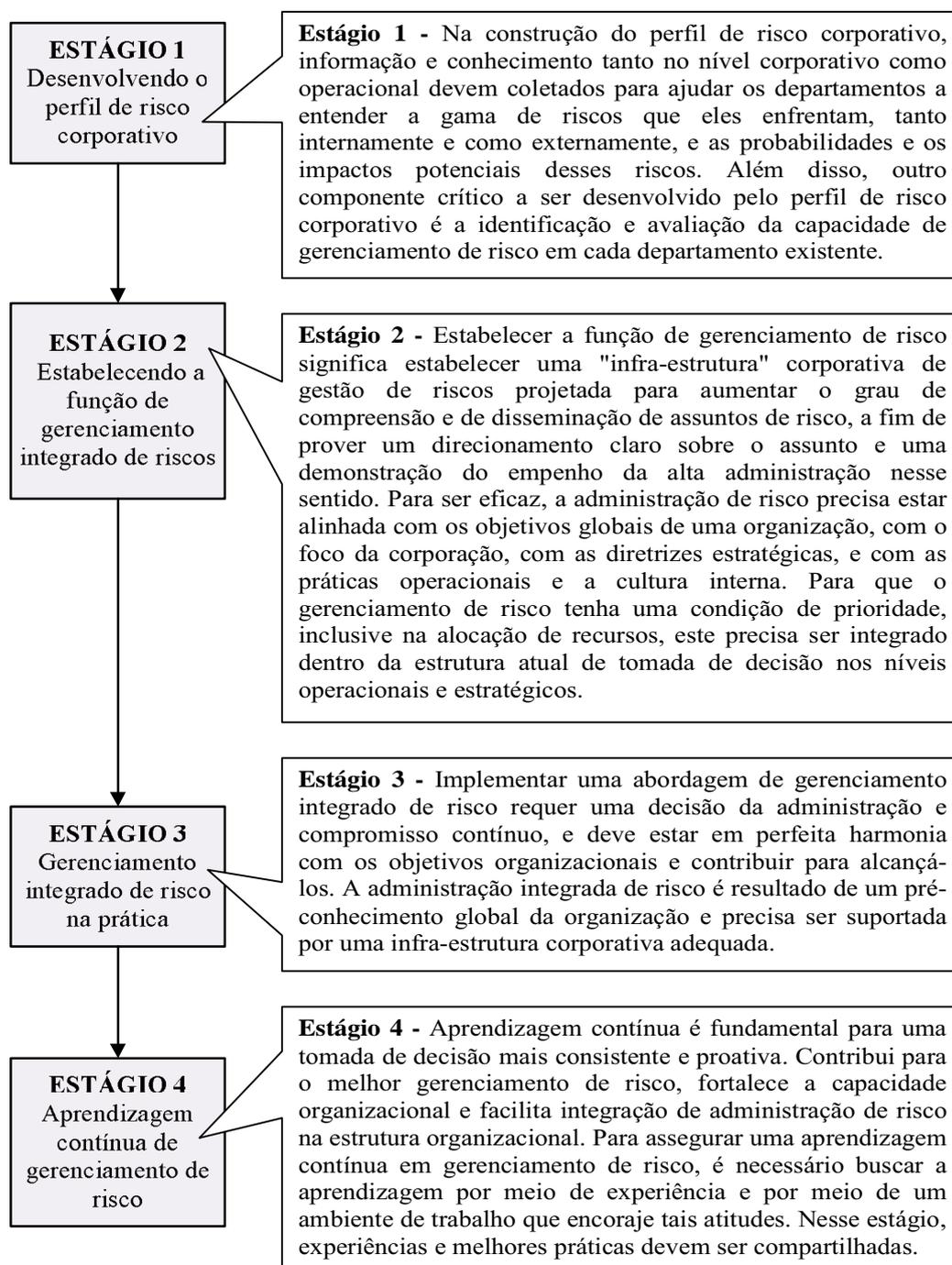


Figura 43: Estágios da gestão do conhecimento no gerenciamento de riscos  
Fonte: Nohara *et al.* (2002)

## 4.2 TÉCNICAS E ABORDAGENS PARA O GERENCIAMENTO DE RISCOS

As técnicas, ferramentas e abordagens para o gerenciamento de riscos permitem que as organizações consigam colocar em prática as etapas explanadas na subseção imediatamente anterior, ou seja, a identificação, análise, avaliação, tratamento e monitoramento dos riscos. Conforme Calixto (2006), para identificar os riscos, desvios de processo, qualificar e quantificá-los em termos de conseqüências, se faz necessária a utilização de ferramentas de gerenciamento de risco, que podem ser caracterizadas como dedutivas ou indutivas.

As técnicas dedutivas partem do risco para as causas e conseqüências com objetivo de propor ações mitigadoras. As técnicas indutivas ao contrário, investigam os possíveis efeitos de um evento indesejado partindo de um desvio de processo para avaliar as causas e conseqüências, propondo ações mitigadoras. As técnicas dedutivas e indutivas podem ser qualitativas e quantitativas.

Essa seção abordará algumas das principais técnicas para o gerenciamento de riscos, sem querer esgotar o assunto em pauta, tendo como enfoque o ambiente operacional das organizações.

### 4.2.1 Técnica de incidentes críticos (TIC)

A Técnica de Incidentes Críticos (TIC) é uma ferramenta para análise de riscos que se baseia no relato de profissionais, que participaram ou presenciaram incidentes críticos ocorridos ou que quase ocorreram (CAVALCANTI & SEVERIANO FILHO, 2002). É um método que utiliza uma amostra aleatória estratificada de observadores-participantes dos principais departamentos da empresa analisada, onde um entrevistador os interroga e os estimula a recordar e descrever os atos de risco que tenham cometido ou observado, e ainda condições inseguras que lhes tenham chamado a atenção (ALBERTON, 1996).

Conforme Morgado *et al.* (1998), a princípio todo incidente relatado na entrevista seguirá um princípio embasado em causa, curso e resultado. Em cada incidente relatado em uma entrevista, o entrevistado deve mencionar a sua fonte e o tipo de

incidente (causa). Deve-se relatar a tendência do incidente e os impactados (curso) e o resultado do incidente crítico com relação aos clientes, fornecedores e colaboradores (resultado).

Após a coleta de dados por parte do entrevistador, os incidentes pertinentes são transcritos e classificados em categorias de risco, definindo a partir daí as áreas-problema, bem como a priorização das ações para a posterior distribuição dos recursos disponíveis, tanto para a correção das situações existentes como para prevenção de problemas futuros (ALBERTON, 1996).

#### **4.2.2 Análise preliminar de riscos (APR)**

A análise preliminar de risco foi utilizada inicialmente na área militar para identificação de riscos em sistemas de mísseis que utilizavam combustível líquido, envolvendo perigo de explosão e incêndio, sendo uma forma de prevenção e garantia da aplicação dos procedimentos. Na indústria, a APR é utilizada em processos antes da realização de atividades que envolvam riscos que possam causar acidentes graves e em projetos para identificação dos perigos nos diversos sistemas e subsistemas (CALIXTO, 2006).

A APR tem como objetivo determinar os riscos e as medidas preventivas antes da fase operacional. A metodologia aplicada é a revisão geral de aspectos de segurança, por meio de um formato padrão, levantando-se as causas e os efeitos de cada risco, medidas e prevenção ou correção e categorização dos riscos. Este método facilita a priorização das ações preventivas e corretivas e permite revisões nos projetos em tempo hábil, proporcionando maior segurança (FRANÇA, *et al.*, 2006).

O escopo da APR abrange os eventos de risco cujas causas tenham origem na instalação analisada, englobando tanto as falhas de componentes ou sistemas, como eventuais erros operacionais ou de manutenção (falhas humanas). O grau de risco é determinado por uma matriz de risco gerada por profissionais com maior experiência na unidade orientada pelos técnicos que aplicam a análise.

Conforme Almeida & Ferreira (2008), a metodologia de APR compreende a execução das seguintes etapas:

- Definição dos objetivos e do escopo da análise;
- Definição das fronteiras do processo/ instalação analisada;
- Coleta de informações sobre a região, a instalação e os perigos envolvidos;
- Subdivisão do processo/ instalação em módulos de análise;
- Realização da APR propriamente dita (preenchimento da planilha);
- Elaboração das estatísticas dos cenários identificados por Categorias de Risco (frequência e severidade);
- Análise dos resultados e preparação do relatório.

#### **4.2.3 Lista de Verificação (Check list)**

A Lista de Verificação é um procedimento de revisão que contém uma relação de itens a serem observados, podendo ser utilizada em qualquer atividade produtiva. Na realidade, trata-se de uma ferramenta muito comum, podendo ser utilizada em inúmeras ocasiões, dentro ou fora da indústria. Seu objetivo principal é evitar esquecimentos, falhas, desconfortos, prejuízos, acidentes, entre outros eventos indesejados. É uma ferramenta que pode ser desenvolvida com base nas informações históricas e no conhecimento acumulado das pessoas envolvidas (ALMEIDA & FERREIRA, 2008).

#### **4.2.4 Análise por diagrama de blocos (ADB)**

A análise por diagrama de blocos utiliza-se de um fluxograma em blocos do sistema, calculando as probabilidades de sucesso ou falha do mesmo, pela análise das probabilidades de sucesso ou falha de cada bloco. A técnica é útil para identificar o comportamento lógico de um sistema constituído por poucos componentes. Dependendo do sistema a análise pode ser feita em série ou em paralelo (ALBERTON, 1996)

#### 4.2.5 Análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA)

A Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, do original em inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) é uma técnica para prognóstico de problemas (falhas), utilizada como um procedimento para desenvolvimento e execução de projetos, processos ou serviços, novos ou revisados, constituindo-se num instrumento imprescindível para as empresas fornecedoras de vários segmentos, em especial do setor automobilístico (PALADY, 1997).

Segundo Yang *et al.* (2006), a ferramenta FMEA pode ser entendida como uma metodologia sistemática que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados.

Conforme Helman & Andery (1995), a FMEA é usada para identificar todos os possíveis modos potenciais de falhas e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho de um processo, mediante um raciocínio dedutivo. Seu uso pode permitir a identificação de problemas que não haviam sido antecipados e, conseqüentemente, ao estabelecimento de prioridades para a correção (PALADY, 1997).

Araújo *et al.* (2000) advogam a existência de dois tipos de FMEA: de produto (denominada geralmente FMEA de projeto) e de processo. Na FMEA de produto, identificam-se cada componente do sistema e os possíveis modos de falha associados, bem como seus efeitos no sistema em questão e no produto como um todo.

Para Bastos (2006), a FMEA de produto analisa e avalia as funções, materiais utilizados, componentes, tolerâncias, etc. A FMEA de processo, por sua vez, é utilizada para análise detalhada de sistemas produtivos que possam, ocasionalmente, afetar a confiabilidade prevista no produto, identificando os modos de falhas potenciais no processo e seus efeitos no cliente (PALADY, 1997). Esta análise auxilia também na identificação das variáveis de processo que devem ser controladas para priorizar as tomadas de ações preventivas ou corretivas.

Conforme Bastos (2006), a realização da FMEA do processo inicia-se a partir de um fluxograma de processo, o qual deve indicar as características do produto e do processo

detalhado a cada operação. As informações pertinentes que devem fazer parte de um formulário FMEA é sugerido por Palady (1997) e um procedimento construtivo é apresentado por Sharma *et al.* (2005). A seguir, ilustra-se a FMEA por meio da elaboração do Quadro 4.

Quadro 4: Exemplo de FMEA de processo

Função	Falhas possíveis			Controles atuais	Índices				Ação Corretiva e/ou Preventiva Recomendada
	Modo de Falha	Efeito	Causas		O	D	S	RPN	
Balancear os pneus	Display digital de verificação de balanceamento não funciona	Inabilidade para conferência e verificação do balanceamento	Fusível queimado	Inspeção visual	4	2	5	40	
			Fio de energia elétrica do display rompido	Inexistente	1	7	5	35	-
			Peças do display danificadas	Inexistente	3	7	5	105	Adoção de testes periódicos para qualificar o funcionamento do display
			Vidro do visor quebrado	Inspeção visual	2	1	5	10	-
	O peso do balanceamento se solta da roda devido a colação de má qualidade	Perda do balanceamento dos pneus	Produto de baixa qualidade	Inexistente	4	8	7	224	Exigir certificação dos fornecedores
			Superfícies de contato inapropriadas para colocação do peso	Limpeza de superfícies	4	3	7	84	-
			Reutilização de peças (pesos) já utilizadas em outras rodas	Descarte de peças utilizadas	2	8	5	80	-
	Peça de balanceamento (peso) fora das especificações	Balanceamento de má qualidade	Peso da peça inapropriado	Certificação dos fornecedores	3	8	9	216	Implantar controle estatístico de processo
			Tamanho inapropriado	Certificação dos fornecedores	4	5	7	140	Implantar controle estatístico de processo
			Produto de baixa qualidade	Certificação dos fornecedores	4	9	6	216	Implantar controle estatístico de processo
	Marcação incorreta do peso devido à componentes do equipamento deteriorados	Aumento do desequilíbrio do balanceamento do conjunto roda/pneu	Utilização excessiva do equipamento	Inexistente	7	2	5	70	-
			Má utilização do equipamento	Treinamento de funcionários	4	6	6	144	Intensificar o treinamento para os casos reincidentes
			Falta de lubrificação	Lubrificação periódica e sistemática	2	4	8	64	-
			Falta de manutenção	Manutenção preventiva	4	6	7	168	Intensificar a manutenção preventiva, reduzindo a periodicidade entre elas
	<b>Ocorrência (O)</b>			<b>Deteção (D)</b>		<b>Severidade (S)</b>			
	Improvável	1	Alta	1	Apenas perceptível	1			
Muito pequena	2 a 3	Moderada	2 a 3	Pouca importância	2 a 3				
Moderada	4 a 6	Pequena	4 a 6	Moderada	4 a 6				
Alta	7 a 8	Muito pequena	7 a 8	Grave	7 a 8				
Alarmante	9 a 10	Improvável	9 a 10	Gravíssima	9 a 10				
<b>Graus de Prioridade de Risco</b>			Baixo - 1 a 100	Moderado - 101 a 300	Alto - 301 a 1000				

#### **4.2.6 PERT-Risco**

Conforme Almeida & Ferreira (2008) a Técnica PERT-Risco consiste em se determinar a data T de um evento e qual o risco do seu não cumprimento, estabelecendo assim correlações entre datas (T) e riscos (R), sendo um importante passo no desenvolvimento das técnicas de Análise de Risco para o cálculo da probabilidade de que o término de uma etapa ou de toda atividade ocorram dentro de datas inicialmente estabelecidas pelo caminho crítico no PERT-Tempo.

#### **4.2.7 Integrated computer aided manufacturing definition (IDEF)**

Este método permite uma análise completa e complexa dos processos por meio de suas entradas, saídas, restrições e interações. Da extensa “família” (IDF0, IDF1, IDF2, IDF3, IDF4, IDF5 e IDF6), o IDF0 é o mais adequado para análise de riscos (CHEUNG & BAL 1998). O propósito do IDEF0 é modelar as decisões, ações e atividades de uma organização ou sistema. Neste modelo, cada atividade é descrita por uma ação dentro de uma caixa. As entradas são mostradas por setas à esquerda da caixa e as saídas à direita. Os controles do processo são dispostos por setas entrando pelo topo da caixa e os equipamentos de controle entrando por baixo da caixa. Cada atividade é colocada em seqüência, mostrando as interações entre elas (GROVER & KETTINGER 1995);

#### **4.2.8 Análise de árvore de eventos (ETA)**

A Análise da Árvore de Eventos, ou do original em inglês *Event Tree Analysis* (ETA), é um método lógico-indutivo que, partindo de um determinado evento inicial, delinea se as combinações de eventos até chegar aos possíveis resultados (cenários), sendo utilizado para identificar as várias e possíveis conseqüências resultantes de um evento indesejado em potencial. A técnica busca determinar as freqüências das conseqüências decorrentes dos eventos indesejáveis, utilizando encadeamentos lógicos a cada etapa de atuação do sistema (PONTES *et al.*, 1998).

Conforme Almeida *et al.* (2006), as seguintes etapas devem ser seguidas para o traçado da árvore de eventos:

- 1) Definir o evento inicial que pode conduzir ao evento indesejado;
- 2) Definir os sistemas de segurança (ações) que podem amortecer o efeito do evento inicial;
- 3) Combinar em uma árvore lógica de decisões as várias seqüências de acontecimentos que podem surgir a partir do evento inicial;
- 4) Cálculo da probabilidade de cada cenário (quando aplicável).

A árvore de eventos é similar a uma FTA, porém é construída na horizontal e deve ser lida da esquerda para a direita. Na esquerda começa-se com o evento inicial e segue-se com os demais eventos seqüenciais. A linha superior é NÃO e significa que o evento não ocorre, a linha inferior é SIM e significa que o evento realmente ocorre (ALBERTON, 1996). A Figura 44 ilustra a construção de uma árvore de eventos.

Evento inicial	Operador Desliga a Bomba (ODB)	Proteção de “Sobrepresão” (PSP)	Resultado Final do evento inicial	Seqüência do evento indesejado
Bomba sobrecarregada BSC	$\overline{ODB}$ (Sucesso)		Não Ruptura	$BSC' ODB$
	ODB (Falha)	$\overline{PSP}$ (Sucesso)	Não Ruptura	$BSC' ODB' \overline{PSP}$
		PSP (Falha)	Ruptura	$BSC' ODB' PSP$

Figura 44: Árvore de eventos para uma bomba de água sobrecarregada

#### 4.2.9 Análise de causas e conseqüências (ACC)

A ferramenta de Análise de causas e conseqüências (ACC) permite avaliar de forma quantitativa e qualitativa as causas, conseqüências e impactos dos riscos para a empresa e seus *stakeholders* (ALBERTON, 1996).

Segundo Alberton (1996), inicia-se a construção do diagrama de ACC por um evento inicial crítico, partindo-se para um questionamento que leve os avaliadores a conhecerem suas causas e conseqüências. Questões do tipo: i) em que condições o

evento crítico induz a outros eventos? ii) quais as alternativas ou condições que levam a diferentes eventos? iii) que outros componentes o evento afeta? iv) quais os outros eventos que este evento causa? Sua estruturação, a exemplo da árvore de falhas, também é feita por meio de símbolos.

#### **4.2.10 Análise de riscos e operabilidade (HAZOP)**

O estudo de operabilidade e riscos, conhecido como HAZOP (Hazard and Operability Studies), é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o intuito de examinar as linhas de processo, identificando riscos e prevenindo problemas de operabilidade de uma instalação, revisando metodicamente o projeto da unidade ou de toda fábrica (ALBERTON, 1996).

O principal objetivo do HAZOP é investigar, de forma minuciosa e metódica, cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas conseqüências. Uma vez verificadas as causas e as conseqüências de cada tipo de desvios, o método HAZOP procura propor medidas para minimizar, eliminar ou até mesmo controlar em níveis aceitáveis o risco existente em uma empresa (CALIXTO, 2006).

A técnica HAZOP permite que as pessoas liberem sua imaginação, pensando em todos os modos pelos quais um evento indesejado ou problema operacional possa ocorrer, gerando, de uma maneira sistemática, perguntas sobre o processo analisado.

As perguntas, embora instigadas por uma lista de palavras-guia, surgem naturalmente por meio da interação entre os membros da equipe (ALBERTON, 1996).

Conforme Almeida e Ferreira (2008), o procedimento para execução do HAZOP pode ser sintetizado nos seguintes passos:

- 1) Divisão da unidade/sistema em subsistemas a fim de facilitar a realização do HAZOP;
- 2) Escolha do ponto de um dos subsistemas a ser analisado, chamado nó;
- 3) Aplicação das “palavras-guias”, verificando quais os desvios que são possíveis de ocorrer naquele nó. Para cada desvio, investigam-se as causas

possíveis de provocá-lo, procurando levantar todas as causas. Para cada uma das causas, verificam-se quais são os meios disponíveis na para sua detecção e quais seriam as suas possíveis conseqüências. Em seguida, procura-se verificar se não existe alguma coisa que possa ser feita para eliminar a causa do desvio ou para minimizar as suas conseqüências.

O Quadro 5 ilustra o HAZOP.

Quadro 5: Modelo de formulário para preenchimento do HAZOP

<b>HAZOP – ANÁLISE DE PERIGOS E OPERABILIDADE</b>					
<b>Unidade:</b>					
<b>Sistema:</b>			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>
<b>Localização do Nó:</b>					<b>Página:</b>
<b>Item</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Salvaguardas</b>	<b>Observações</b>

#### 4.2.11 Management oversight and risk tree (MORT)

O método conhecido como MORT é uma técnica que usa um raciocínio semelhante ao da FTA, desenvolvendo uma árvore lógica, só que com a particularidade de ser aplicado à estrutura organizacional e gerencial da empresa, ilustrando erros ou ações inadequadas dos funcionários. Esse método também pode ser usado para esquematizar ações administrativas que possam ter contribuído para um acidente, que já tenha ocorrido. Nesta árvore cada evento é uma ação do operador ou administrador, sendo que as falhas de equipamentos ou condições ambientais não são consideradas (ALBERTON, 1996).

#### 4.2.12 Análise de árvore de falhas (FTA)

Conforme Vollertt Junior (1996), Lin & Wang (1997) e Long *et al.* (2000), a análise da árvore de falhas, do original em inglês *Fault Tree Analysis* (FTA), é uma representação gráfica padronizada capaz de fornecer bases objetivas para análise de modos comuns de falhas. O método inicia com uma falha particular do sistema, também denominado de efeito ou evento de topo, desdobrando-a em uma árvore lógica até as falhas básicas, também denominadas de causas ou eventos primários.

Para a realização de uma FTA, Rausand & Oien (1996) e Araújo *et al.* (2000) propõem as seguintes etapas:

- Definir o evento de topo - o evento de topo determina um comportamento anormal do sistema. Para a sua definição são necessários relatos de falhas ocorridas no campo, falhas potenciais e, principalmente, aquelas relacionadas com a segurança dos usuários;
- Entender o sistema - a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do sistema e de seu esquema de funcionamento, ou seja, é necessário um diagnóstico do objeto de estudo;
- Construir a árvore de falhas - esta etapa utiliza todo o conhecimento adquirido sobre o sistema. Todas as informações são unidas de forma a representar a inter-relação entre as partes que possam acarretar o evento de topo;
- Avaliar a árvore de falhas - etapa que tem por objetivo fornecer uma expressão para o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo, ou seja, realização da análise quantitativa. Aqui, ressalta-se que a impossibilidade de realização da análise quantitativa para determinar qual a probabilidade de falha do evento de topo, não invalida a FTA, uma vez que, segundo Almeida *et al.* (2006), a lógica inerente ao método permanece válida para uma análise qualitativa, visando ao estabelecimento das causas fundamentais do evento de topo;
- Programar ações corretivas - na etapa anterior são identificados os itens do sistema que possuem baixa confiabilidade e que, por este motivo,

aumentam a probabilidade do evento de topo. Este último passo visa implementar ações corretivas para aumentar a confiabilidade destes itens.

Quanto à sua forma gráfica, conforme se observa na literatura, os símbolos mais utilizados para a construção da FTA são o retângulo, o círculo e os operadores lógicos “ou” e “e”. O retângulo denota um evento de falha que é o resultado de uma combinação lógica de eventos de falha. O círculo denota um evento de falha básico ou a falha de um componente elementar. A Porta lógica E implica que o evento de saída só ocorre se todos os de entrada ocorrerem. A Porta lógica OU denota que evento de saída só ocorre se pelo menos um dos de entrada ocorrer. A Figura 45 exemplifica a construção de uma FTA.

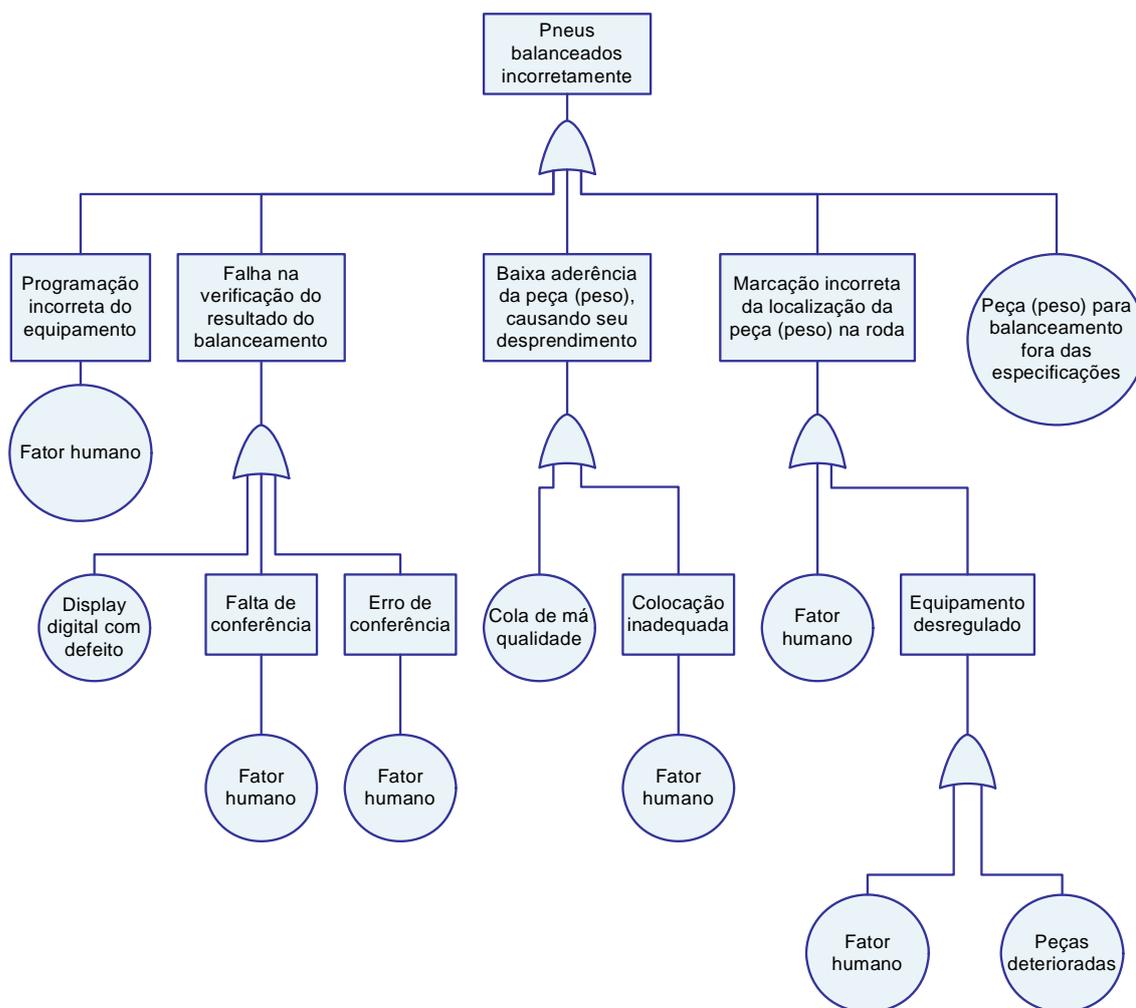


Figura 45 – FTA para uma linha de montagem de pneus de caminhões

Quanto à obtenção da probabilidade de ocorrência do evento de topo, Yugi *et al.* (2006) propõem uma metodologia embasada em três algoritmos que garantem eficiência e exatidão nesse tipo de cálculo, não sendo aprofundado aqui por fugir aos propósitos da presente pesquisa. Já Almeida & Pinho (2005) apresentam um algoritmo associado ao caminho crítico das relações de causa e efeito de maior probabilidade de ocorrência, conduzindo o gestor a adotar intervenções capazes de permitir a solução da falha em questão.

#### **4.2.13 Avaliação do nível de integridade e segurança (SIL)**

O nível de integridade de segurança (SIL) está relacionado com a probabilidade de falha na demanda de uma dada função. Cada risco está relacionado a uma função que está dentro de um sistema de proteção, sendo composto por uma ou mais funções de integridade, onde cada SIL corresponde a uma função, sendo necessário avaliar a probabilidade de falha na demanda, ou seja, a seleção do nível de integridade de segurança para comparar com o nível de integridade definido por norma. Em seguida é feita a definição do SIL, sendo necessário a configuração da função de integridade e segurança para atingir o nível de integridade (CALIXTO, 2006).

#### **4.2.14 Análise quantitativa de riscos (AQR)**

A Análise Quantitativa de Risco (AQR) é uma das principais metodologias de diagnóstico de riscos de empreendimentos industriais para identificar potenciais causas e avaliar conseqüências de danos em instalações, no meio ambiente e no negócio. Trata-se de um modelo que verifica potenciais desvios no sistema de produção de qualquer atividade industrial. Permite definir para cada tipo de evento acidental identificado em uma instalação industrial, a aceitabilidade do risco a partir do cálculo da frequência de falha utilizando as técnicas de análise e identificação do perigo e o dimensionamento das possíveis conseqüências dos acidentes no ambiente por meio da simulação da modelagem física para obter a magnitude de impacto (CHAVES & MAINIER, 2005).

#### **4.2.15 Análise de impactos entre eventos**

A Análise de Impactos entre Eventos objetiva estabelecer qual o impacto ocasionado pela ocorrência de determinado evento a todos os demais eventos que com ele estão relacionados.

Rodriguez (2001) descreve as etapas para a construção da análise de impactos entre eventos, conforme segue:

- 1) Identificação dos eventos que podem ocorrer e suas respectivas probabilidades; que pode ser feita por meio do uso da técnica Delphi, experiência do especialista, analogias históricas ou outras técnicas qualitativas adequadas;
- 2) Determinação da interdependência dos eventos identificados, para verificação de possíveis inconsistências;
- 3) Criação de uma matriz com as probabilidades de ocorrências dos eventos identificados;
- 4) Admitindo que os eventos possam ser considerados, não considerados e até mesmo serem classificados como eventos certos, deve-se calcular a matriz para todas as situações estabelecidas.

#### **4.2.16 Integração entre o S&OP e CPFR**

Conforme Donato *et al.* (2007), os modelos de planejamento colaborativo S&OP (Planejamento de Vendas e Operações) e CPFR (Planejamento, Previsão e Ressuprimento Colaborativos), quando implementados e executados de maneira conjunta, compartilham informações e processos de planejamento e de execução das atividades, sendo que o S&OP atua com foco na integração departamental e o CPFR atua na integração entre membros da cadeia. Para compreensão de como essas duas ferramentas podem interagir conjuntamente para a minimização de riscos na cadeia de suprimentos de uma organização, ambas serão explicadas, segundo Donato *et al.* (2007), a seguir:

- S&OP é um processo que integra o planejamento de marketing focado no

cliente para produtos novos e existentes com o gerenciamento operacional da cadeia de suprimentos. O processo agrega todos os planos para o negócio (vendas, marketing, desenvolvimento, manufatura, compras e financeiro) em um conjunto integrado de planos. O S&OP se inicia com a análise da demanda, em que as informações de vendas e *marketing* são cruzadas com a previsão estatística para formar a demanda irrestrita do período em análise. Na análise de suprimentos, a demanda é balanceada de acordo com as políticas de estoques e os recursos restritivos de manufatura, materiais e distribuição. Paralelo a essa etapa há o processo de atendimento de pedidos, que cumpre os planos já aprovados no curto prazo, analisa inventários e verifica os excessos e faltas no curto prazo.

- CPFR é uma iniciativa de planejamento colaborativo entre empresas de uma cadeia de suprimentos que combinam os conhecimentos de diversos parceiros comerciais no planejamento e atendimento das demandas dos clientes, buscando um maior nível de acerto no gerenciamento da demanda por meio do compartilhamento das previsões de venda e da gestão conjunta de estoques, resultando em melhoria dos níveis de serviço e em menores custos operacionais e de estoques. Por meio de sua aplicação todos ganham, uma vez que os fornecedores ficam com oportunidades reais de aumento de vendas, redução de estoques e ciclos operacionais, além da estabilidade dada pelo conhecimento da demanda final; os varejistas, por sua vez, têm a garantia de comprometimento do fornecedor em relação ao nível de serviço acordado e redução de preços no longo prazo, como também a redução dos níveis de estoque, em particular, os estoques de segurança.

Quando essas duas ferramentas são trabalhadas de forma conjunta, há um ganho de visibilidade e controle sobre todos os macro-riscos internos percebidos, e sobre a maior parte dos riscos externos. No S&OP, a integração das funções operacionais, ou seja, da geração da previsão a compras, passando pela manufatura, possui papel fundamental na redução dos riscos, uma vez que ao melhorar o fluxo de informações, automaticamente são reduzidos os riscos gerados pela distorção das informações e pela falta de confiança entre os departamentos. Já no CPFR a integração entre as empresas pertencentes a uma cadeia de suprimentos reduz os riscos internos da empresa. Ao compartilhar objetivos e informações com os parceiros, a empresa melhora o fluxo

físico e de informações entre as empresas, aumentando a confiança e reduzindo os riscos operacionais (DONATO *et al.*, 2007). O Quadro 6 demonstra os benefícios da utilização conjunta dessas duas ferramentas para a minimização de riscos.

Quadro 6: Visibilidade e controle do S&OP e do CPFR

		S&OP		CPFR	
		Visibilidade sobre	Controle sobre	Visibilidade sobre	Controle sobre
<b>RISCOS INTERNOS</b>	<b>Financeiros</b>	A variação da demanda, as margens de contribuição, as restrições de capacidade	As políticas de estoques, as políticas de preço, o balanceamento entre a demanda e os suprimentos	A demanda compartilhada com o cliente, as margens de contribuição, a capacidade dos fornecedores	A variação da demanda, as margens de contribuição, os acordos de entrega
	<b>Operacionais</b>	As operações dos elos internos e o impacto das decisões sobre os elos internos	O poder de tomada de decisão e o fluxo de informações entre os elos da cadeia interna	As operações e interfaces entre as empresas fornecedoras e clientes	O poder de decisão e o fluxo de informações entre as empresas
	<b>Estratégicos</b>	Informações sobre tendências de mercado, melhor visibilidade sobre demanda dos clientes e fornecedores, planejamento de médio prazo dos canais logísticos	Controle sobre os planos de vendas e produção, de tal forma que possam ser adaptados às necessidades do mercado, dos clientes e dos fornecedores	Informações sobre tendências de mercado, demanda compartilhada com os clientes e fornecedores, planejamento de médio prazo dos canais logísticos	Controle sobre os planos de vendas e produção e sobre a demanda compartilhada com clientes e fornecedores
<b>RISCOS EXTERNOS</b>	<b>Financeiros</b>	Informações sobre tendências macro-econômicas e financeiras	Mudanças no planejamento de médio prazo para se adaptar aos cenários econômicos e financeiros	Informações sobre tendências macro-econômicas e financeiras	Mudanças no planejamento de médio prazo para se adaptar aos cenários econômicos e financeiros
	<b>Operacionais</b>	Não possui visibilidade	Sem controle	Não possui visibilidade	Sem controle
	<b>Estratégicos</b>	Informações sobre tendências do setor	Mudanças no planejamento de médio prazo para se adaptar ao cenário industrial	Informações sobre tendências do setor e sobre clientes e fornecedores parceiros	Mudanças no planejamento de médio prazo para se adaptar ao cenário industrial, acordos com os clientes e fornecedores

Fonte: Donato *et al.* (2004)

#### 4.2.17 Árvore de decisão

A técnica da árvore de decisão é uma representação gráfica, elaborada por meio de um diagrama composto de nós e ramificações emanadas dos mesmos, sendo utilizado para procedimentos decisórios e para avaliação de riscos. Os nós podem ser quadrados ou arredondados. Em geral, convencionou-se que os nós quadrados representam o momento em que uma decisão será tomada e os nós arredondados representam eventos aleatórios ou de incerteza. (RODRIGUES, 2001). A Figura 46 ilustra uma árvore de decisão.

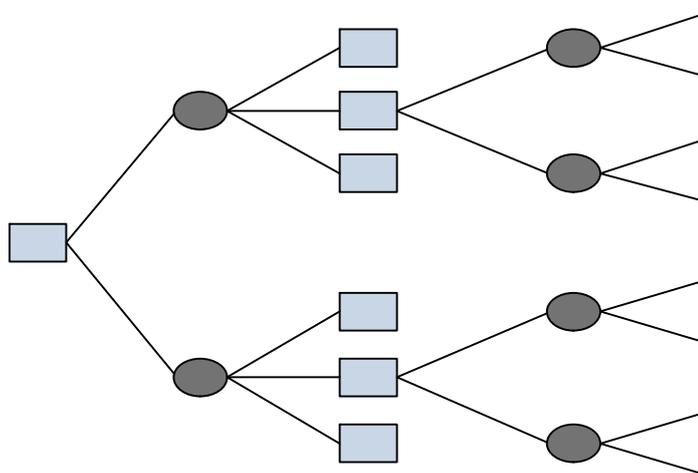


Figura 46: Representação gráfica de uma árvore de decisão

#### 4.2.18 Cenários prospectivos

Porter (1989) cita que os cenários objetivam reduzir as chances de que ações adotadas para se lidar com um elemento da incerteza em uma indústria piorem involuntariamente a posição desta em relação a outras incertezas. Cita ainda que os cenários são um dispositivo poderoso para se levar em conta a incerteza ao se fazerem escolhas estratégicas. Eles permitem que uma empresa se afaste de previsões perigosas de um único ponto do futuro em casos em que este não pode ser previsto.

O estudo de cenários prospectivos tem diversas aplicações relevantes para as organizações, onde Davis (1998 e 2002), Shell International (2001; 2003) e Porter (1989) defendem que:

- 1) Ajudam a conectar os planos com a visão da organização – permitindo desafiar com maior clareza as premissas dos planos, comparar a visão e definir estratégias para lidar com macro-riscos que virão;
- 2) Estabelecer uma linguagem comum e conceitos para pensar e falar sobre eventos correntes;
- 3) Concordar sobre o que é provável persistir ao longo do tempo estudado nos cenários e o que é fundamentalmente incerto;
- 4) Partindo das incertezas, identificar diferentes caminhos e desafios emergentes no ambiente de negócios global e preparar-se adequadamente, com políticas e estratégias;
- 5) Enriquecer o debate e ampliar a “conversa estratégica” na organização, trazendo novos conceitos e entendimento pelos usuários, alterando mapas mentais e desenvolvendo o foco nos desafios;
- 6) Forçam uma busca criativa de possíveis mudanças estruturais;
- 7) Buscar a “resiliência corporativa”, incluindo tornar as decisões de risco mais transparentes. Isso envolve a identificação de ameaças e oportunidades e a criação e avaliação de opções;
- 8) Iniciar um processo formal de planejamento estratégico, incluindo o teste, o desenvolvimento e a avaliação das estratégias e planos existentes; e
- 9) Estabelecer uma plataforma comum para prospecção, aprendizado e comunicação.

De acordo com Godet (2000), a incerteza do futuro pode ser avaliada por meio de um número de possíveis cenários, dentro do campo de probabilidades, mas a experiência mostra que, em geral, um terço do total de cenários possíveis é suficiente para cobrir 80% do campo de probabilidades. Os cenários são baseados em intuições, mas desenvolvidos como estruturas analíticas (SHELL INTERNATIONAL, 2003).

Davis (1998; 2002) expõe que a construção de cenários para uma organização requer clareza sobre o foco ou tema que se estuda. Quando o foco ou tema já foi definido, as principais áreas de pesquisa são identificadas e a informação coletada. O próximo passo é identificar as forças direcionadoras que vão desenhar o ambiente

futuro: o que vai permanecer e pode ser previsto (por exemplo, estudos demográficos) e o que é desconhecido.

Conforme Davis (2002), o processo de construção de cenários cria um “espaço futuro”, no qual as partes envolvidas (*stakeholders*) podem dividir suas perspectivas, disseminar e incentivar o aprendizado, criar novos entendimentos e explorar diferentes opções, catalizando a abordagem de parceria, envolvendo os setores privados e organizações não governamentais e outros envolvidos, desenvolvendo o debate público e facilitando a comunicação e entendimento entre diferentes partes. Havendo a necessidade de planejar o futuro, precisa-se criar uma visão que compreenda o contexto no qual as organizações operam, e isso é possível por meio do estudo de cenários prospectivos.

#### **4.2.19 Análise dos processos críticos por especialistas (APCE)**

A Análise dos Processos Críticos por Especialistas (APCE) objetiva identificar em um processo as etapas essenciais do negócio em análise, bem como destacar os aspectos críticos potencializadores de falhas.

Trata-se de uma forma de segmentar o processo em análise em duas categorias: os elementos, etapas e atividades críticas das não críticas. As atividades críticas são aqueles que implicam na ocorrência da falha, culminando no não cumprimento do propósito do sistema, comprometendo os resultados organizacionais. Já as não críticas são aquelas que prejudicarão alguma etapa do processo, não comprometendo, porém, a concretização das metas do sistema. Obviamente, a classificação entre crítico e não crítico é sempre comparativa e sujeita a polêmicas e controvérsias, daí a importância da análise ser feita por mais de uma pessoa.

Para condução da APCE, sugere-se a utilização de qualquer método de pesquisa qualitativa guardadas suas especificidades, podendo-se citar o método *Delphi* (GREEN *et al.*, 2007), o qual, segundo Okoli & Pawlowski (2004), é reconhecido como um dos melhores instrumentos de previsão qualitativa, sendo indicado, principalmente, quando não existam dados históricos a respeito do problema que se investiga ou, em outros termos, quando faltam dados quantitativos referentes ao mesmo. O princípio do

método *Delphi* é intuitivo e interativo. Sua realização implica a constituição de um grupo de especialistas em determinada área do conhecimento, que respondem a uma série de questões. Os resultados dessa primeira fase são analisados. A síntese dos resultados é comunicada aos membros do grupo que, após tomarem conhecimento, respondem novamente (MACCARTHY & ATTHIRAWONG, 2003).

De uma perspectiva mais ampla, painéis de especialistas (GOHO *et al.*, 2003; VERGARA, 2006) permitem pela sua interação a troca de experiências e impressões, que muito contribuem para evitar uma postura idiossincrática acerca do processo em estudo. Inaki *et al.* (2006) corroboram as contribuições de Maccarthy & Atthirawong (2003) ao defenderem que esse tipo de atividade deve ser efetuado por pessoas com amplos conhecimentos do negócio (especialistas) que estejam envolvidas no processo, permitindo, assim, uma análise e discussão de cada etapa gradual e individualmente. Dessa forma, por meio da aplicação de um método de condução coletiva de discussões e emissão de pareceres análises de criticidade dos processos e atividades podem ser formuladas por especialistas do negócio mapeado. Os especialistas opinam sobre quais processos devem ser expandidos em uma FTA, dando prosseguimento ao mapeamento integrado de falhas.

A APCE considera duas etapas distintas: a análise entre processos e a análise intraproceto realizada sobre aquele anteriormente selecionado. Assim, têm-se uma análise macro e uma análise mais detalhada, ambas realizadas pelos especialistas. Especificamente, a análise intraproceto considera três atividades seqüenciais: (i) a identificação das etapas, fatores e recursos pertinentes; (ii) a ordenação dos elementos em análise de acordo com sua criticidade (priorização) e; (iii) a segmentação em categorias similares de importância (críticos) e segregação dos fatores considerados de menor importância (não críticos). A Figura 47 ilustra o método da APCE.

A APCE poupará tempo e economizará recursos em desdobramentos desnecessários de processos não críticos em FTA e FMEA, uma vez que somente os processos críticos, que comprometem o funcionamento do sistema, terão seus mapeamentos de falhas concluídos.

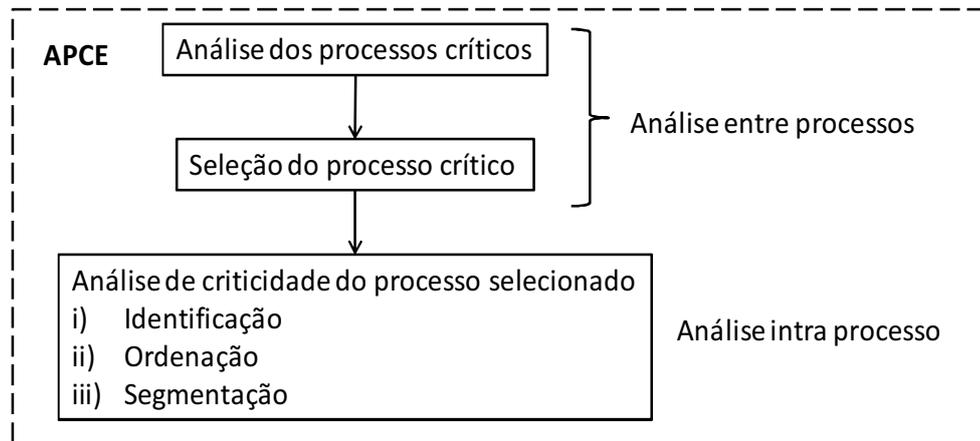


Figura 47: O método APCE

## 5. FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

De acordo com Narasimhan *et al.* (2004), a literatura sobre flexibilidade de manufatura contém quatro temas distintos, porém relacionados:

- Fatores contextuais, em que a necessidade de fazer face à incerteza ambiental de volume e variedade é o principal motivo para desenvolver a flexibilidade em manufatura;
- Classificações e taxonomias de flexibilidade de manufatura, enfatizando a natureza multidimensional do constructo;
- Antecedentes da flexibilidade, identificando as principais influências estruturais e de infra-estruturas, tais como tecnologia, mão-de-obra, gestão da cadeia de suprimentos, projeto do trabalho e controle de produção;
- Relação entre a flexibilidade de manufatura e certos aspectos do desempenho de manufatura.

A partir dessa observação, as próximas seções abordarão esses e outros aspectos, ou seja, os aspectos históricos, conceituais, de definição, de taxonomias (tipologia), de relevância, das necessidades da flexibilidade de manufatura pelas empresas, de sua relação com a competitividade empresarial, entre outros aspectos importantes e ligados ao tema, cujo intuito principal é de diminuir a complexidade desse assunto e permitir uma melhor compreensão do objeto principal de estudo da presente tese.

### 5.1 DEFINIÇÃO E HISTÓRICO DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

Suarez *et al.* (1995) defendem que a flexibilidade coloca-se no momento atual com tanta importância estratégica como foram o gerenciamento científico no início do século XX e a qualidade que emergiu em meados do mesmo século; conceito também defendido por De Toni & Tonchia (1998). Os autores em questão alocam a relevância de sua aplicação e o crescimento de pesquisas sobre o assunto como consequência da instabilidade dos anos 70 e o crescimento da competição Global que se iniciou nos anos 80.

Historicamente, observa-se que a flexibilidade de manufatura começou a ser

pesquisada, para administrar operações sob condições de variedade e incertezas, a partir da década de 30. No final dessa década, Stigler<sup>5</sup> (1939 *apud* UPTON, 1995, p. 207) desenvolveu pesquisas que relacionavam a flexibilidade de volume com pequenos lotes de produção. Na década de 60, Nelson<sup>6</sup> (1967 *apud* KOSTE & MALHOTRA, 1999, p. 80) ampliou a atuação da flexibilidade de manufatura, relacionando-a com sistemas limitados de produção. Nessa mesma década, Skinner<sup>7</sup> (1969 *apud* BOYLE 2006, p. 7) identificou flexibilidade em manufatura como um dos quatro objetivos da manufatura, ao lado dos custos de produção, entrega e qualidade. Na década de 70, Fryer (1974) relacionou a flexibilidade com a mão-de-obra.

A partir da década de 80, o assunto despertou o interesse de vários pesquisadores e sobre os mais variados vieses, dos quais se destacam: Slack (1983; 1987) – flexibilidade como um objetivo a ser atingido na manufatura; Gustavsson (1984) – flexibilidade e produtividade em sistemas produtivos complexos; Browne *et al.* (1984) – flexibilidade para planejamento do futuro incerto; Swamidass & Newell (1987) – flexibilidade em ambientes de incerteza; Gerwin (1987) – Flexibilidade em processos de manufatura; Gupta & Goyal (1989) – Dimensões da flexibilidade de manufatura; entre outras pesquisas na década de 80. De acordo com Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) e De Treville *et al.* (2007), desde que Hayes & Wheelwright defenderam em 1984 a idéia de que a flexibilidade em manufatura era uma das principais dimensões de estratégia competitiva de negócios, tem havido um crescimento substancial na quantidade de trabalhos de investigação sobre este tema.

O Quadro 7 sumariza algumas pesquisas desenvolvidas sobre o tema flexibilidade de manufatura após a década de 90.

---

<sup>5</sup> STIGLER, G. **Production and distribution in the short run.** Journal Political Economy, v. 47, n° 3, 1939, pp. 305-327, *apud* UPTON, D. M. **Flexibility as process mobility: The management of plant capabilities for quick response manufacturing.** Journal of Operations Management, v. 12, n° 3-4, 1995, pp. 205-224.

<sup>6</sup> Nelson, R.T., 1967. **Labor and machine limited production systems.** Management Science, v. 13, n° 9, 1967, pp. 648-671, *apud* KOSTE, L. L.; MALHOTRA, M. K. **A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v.18, 1999, pp. 75-93.

<sup>7</sup> SKINNER, W. **Manufacturing – missing link in corporate strategy.** Harvard Business Review, v. 47, n° 3, 1969, pp. 136-145 *apud* BOYLE, T. A. **Towards best management practices for implementing manufacturing flexibility.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 17, n. 1, 2006 pp. 6-21.

Quadro 7: Pesquisas de destaque desenvolvidas após 1990 sobre flexibilidade de manufatura

TÍTULO DA PESQUISA	ANO	AUTOR (ES)
Resource flexibility issues in multistage manufacturing	1990	Malhotra & Ritzman
Flexibility in manufacturing: a survey	1990	Sethi & Sethi
The measurement of manufacturing flexibility	1992	Gupta <i>et al.</i>
Manufacturing flexibility: a strategic perspective	1993	Gerwin
On measurement and valuation of manufacturing flexibility	1993	Gupta
The Flexibility Of Technological And Human Resources In Automotive Manufacturing	1994	Corrêa
The management of manufacturing flexibility	1994	Upton
An empirical study of flexibility in manufacturing	1995	Suarez <i>et al.</i>
Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing	1995	Upton
What really makes factories flexible	1995	Upton
Manufacturing Flexibility At The Plant Level	1996	Boyer & Leong
Business strategy, manufacturing flexibility, and organizational performance relationships: a path analysis approach	1996	Gupta & Somers
An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly	1996	Suarez <i>et al.</i>
Productivity And Flexibility: Fundamental Relations Between Two Major Properties And Performance Measures Of The Production System	1997	Grubbstram & Olhager
Process range in manufacturing: an empirical study of flexibility	1997	Upton
Managing For Flexibility: A Manufacturing Perspective	1998	Kathuria
A Study On The Measurement Of Comprehensive Flexibility In Manufacturing Systems	1998	Cho & Kim
Definition And Classification Of Manufacturing Flexibility Types And Measures	1998	Shewchuk & Moodie
Flexibility And Pricing Decisions For High-Volume Products With Short Life Cycles	1998	Franza & Gaimon
A Multiple-Method Study Of Environmental Uncertainty And Manufacturing Flexibility	1999	Pagell & Krause
Critical Factors For Achieving Manufacturing Flexibility	1999	Lau
A Theoretical Framework For Analyzing The Dimensions Of Manufacturing Flexibility	1999	Koste & Malhotra
Manufacturing Flexibility: Measures And Relationships	1999	Parker & Wirth
Flexibility Versus Efficiency? A Case Study Of Model Changeovers In The Toyota Production System	1999	Adler <i>et al.</i>
Manufacturing Operations And Strategic Flexibility: Survey And Cases	2000	Beach <i>et al.</i>
Manufacturing Flexibility: Assessing Managerial Perception And Utilization	2000	Zukin & Dalcol
Trade-Ofs Among The Elements Of Flexibility: A Comparison From The Automotive Industry	2000	Koste & Malhotra
Flexibility In An Automobile Manufacturing Enterprise	2001	Gupta & Singh
Production Capacity Of Flexible Manufacturing Systems With Fixed Production Ratios	2002	Buitenhok <i>et al.</i>
Flexibility In Japanese Manufacturing Industries: Synchronization Of Production, Sales And Purchase	2003	Okamoto
Re-Exploring The Relationship Between Flexibility And The External Environment	2004	Pagell & Krause
Flexibility Of Manufacturing Systems, Strategic Change And Performance	2005	Llorens <i>et al.</i>
Towards Best Management Practices For Implementing Manufacturing Flexibility	2006	Boyle

Enfim, de acordo com Boyle (2006), nos últimos 50 anos, gestores e acadêmicos testemunharam o conceito de flexibilidade de manufatura migrar da visão de máquinas capazes de executar uma série de funções para uma estratégia de manufatura tão importante quanto qualidade, confiabilidade e produtividade.

Quanto ao seu significado, Vokurka & O'Leary-Kelly (2000) definem flexibilidade em manufatura como sendo a habilidade das empresas em reagir às mudanças nas necessidades dos clientes, bem como às mudanças imprevistas decorrentes de pressões concorrenciais. Segundo os autores, trata-se de uma ferramenta chave para a competitividade no cenário atual, com crescente variedade de produtos, os quais têm ciclos de vida cada vez mais curtos; conceito esse também defendido por Pagell & Krause (1999; 2004) e Oke (2005). Isso exige esforço e criatividade das empresas, e, conforme Bolwijn & Kumpe (1990), não é possível ser inovador sem ser flexível.

Watts *et al.* (1993) definem flexibilidade como a habilidade de implementar mudanças no ambiente operacional interno, em tempo adequado e custo aceitável, em resposta às mudanças nas condições de mercado. Já para Olhager (1993), seria a habilidade de se adaptar às mudanças de condições usando os recursos existentes (em curto prazo) e de introduzir novos produtos, recursos e métodos de produção, introduzindo-os ao sistema de produção existente.

Gerwin (2005) explica que um processo de produção é mais flexível do que o outro se existe a possibilidade daquele lidar com um leque maior de possibilidades. Quanto menor o tempo e custo necessários para implementar uma alternativa, maior é a flexibilidade. Tal conceito incorpora a gama, viabilidade e eficácia (desempenho e valor) das alternativas.

As definições anteriores são aquelas que mais se aproximam da abordagem da presente pesquisa. Entretanto, devido à natureza multifacetada do conceito em si, observa-se uma falta de clareza geral relativa ao conceito de flexibilidade. Serrão (2005) admite a flexibilidade de manufatura como um conceito que permite variações em sua definição, especialmente ao se considerar a variedade de situações gerenciais e especificidade de problemas que podem desenhá-la de diferentes formas, gerando interpretações personalizadas, ou mesmo ambigüidade em seu significado.

Essa observação pode ser constatada por meio do Quadro 8, que possui a definição de flexibilidade de alguns pesquisadores.

Quadro 8: Definições de flexibilidade ao longo do tempo

<b>Autor</b>	<b>Ano</b>	<b>Definição</b>
Slack	1983	<i>A habilidade de mudar ou de fazer algo diferente.</i>
Gustavsson	1984	<i>A capacidade de um sistema de produção adaptar-se a mudanças.</i>
Gerwin	1987	<i>A capacidade para adaptar.</i>
Gupta & Goyal	1989	<i>A capacidade de um sistema de manufatura fazer face à evolução das circunstâncias ou instabilidade causada pelo meio ambiente;</i>
Cox	1989	<i>A rapidez e facilidade com que fábricas podem responder a mudanças de mercado;</i>
Sethi & Sethi	1990	<i>A habilidade da administração da produção conseguir mudar seu processo produtivo de forma ágil, a baixo custo e sem prejuízos a clientes.</i>
Nagarur	1992	<i>A capacidade do sistema para ajustar rapidamente a uma mudança de fatores relevantes como o produto, processo, cargas e falha de máquina.</i>
Suarez et al.	1995	<i>A competência de manter e melhorar o desempenho apesar da incerteza e variedade.</i>
Upton	1997	<i>A habilidade de mudar ou reagir com pouco impacto no tempo, custo ou desempenho.</i>
De Toni & Tonchia	1998	<i>A aptidão que uma empresa possui para lidar com volatilidade do mercado.</i>
Koste & Malhotra	1999	<i>A capacidade de modificar o processo produtivo para se adaptar as novas exigências do ambiente de negócios.</i>
Zukin & Dalcol	2000	<i>A habilidade da função produção fazer ajustes necessários para reagir as mudanças no ambiente sem sacrifícios significativos para o desempenho da empresa.</i>

Como a flexibilidade transpassa por toda a organização, sua interpretação, de forma adequada, tem-se revelado de difícil integração e compreensão, tanto para os profissionais que procuram orientação e pesquisadores acadêmicos que pesquisam o tema (GUPTA & SOMERS, 1992; OKE, 2005; CHANG *et al.*, 2007). Entretanto, apesar dessa dificuldade, observando-se o Quadro 8 há a possibilidade da construção da seguinte definição: Flexibilidade é a habilidade (Slack, 1983; Sethi & Sethi, 1990; Upton, 1997; Zukin & Dalcol, 2000), a capacidade (Gustavsson, 1984; Gerwin, 1987; Koste & Malhotra, 1999), a rapidez (Cox, 1989), a competência (Suarez *et al.*, 1995) e a aptidão (De Toni & Tonchia, 1998) que uma organização possui para mudar ou reagir (Slack, 1983) diante das modificações ocorridas no ambiente de manufatura (Gupta & Goyal, 1989), considerando tempo, custo e esforço envolvidos (Upton, 1997).

Ainda, sobre o aspecto de conceituação da flexibilidade, Slack (1993) chama a atenção para um tipo de mudança na estrutura produtiva que não deve ser considerada como flexibilidade de manufatura: trata-se da mudança fundamental. Segundo o autor, quando não há restrições de recursos e insumos, mais notadamente de tempo e de

capital, todas as mudanças são, teoricamente, possíveis de serem efetuadas. Segundo o autor, onde termina a flexibilidade inicia-se a mudança fundamental, uma vez que a essência da flexibilidade é a habilidade de mudanças em uma atividade operacional sem mudanças substancial ou fundamental nas suas instalações físicas.

## 5.2 MOTIVOS PELOS QUAIS AS EMPRESAS DEMANDAM FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

No passado, a demanda era mais estável, havia menos variedade de produtos e ciclos de vida eram mais longos (CHAMBERS<sup>8</sup>, 1995, *apud* BEACH *et al.*, 2000, p. 42). Entretanto, ao longo das duas últimas décadas, as empresas industriais se depararam com um mercado caracterizado por mudanças sem precedentes (SCALA *et al.*, 2006). Nesse ambiente, para se manterem competitivas, as organizações tiveram que lutar com menores lotes de produção, produtos personalizados, aumento dos níveis de concorrência estrangeira, alterações regulatórias e rápidas mudanças no mercado (CORREA, 1994).

Slack (2005) cita que com a crescente demanda dos consumidores por rápidas respostas e grande variedade de produtos, aliado a um cenário em que a competição é cada vez mais acirrada, flexibilidade é a solução para muitos problemas do gênero.

Para organizações caracterizadas pela customização, curtos prazos, preferências do consumidor em constante mudança e elevada incerteza, a flexibilidade em manufatura não é apenas desejável, mas está rapidamente se tornando um requisito para a sobrevivência organizacional (GUSTAVSSON, 1984; GUPTA & GOYAL, 1989; NORDAHL & NILSSON, 1996; KOSTE & MALHOTRA, 1999; BEACH *et al.*, 2000; D'SOUZA & WILLIAMS, 2000; KARA & KAYIS, 2004; BOYLE, 2006; CHANG *et al.*, 2007; BAYKASOGLU & OZBAKIR, 2008; WAHAB *et al.*, 2008).

Segundo Bengtsson & Olhager (2002), para reagir ao aumento das mudanças, da redução do ciclo de vida dos produtos e da comercialização globalizada, a

---

<sup>8</sup> CHAMBERS, S. **Flexibility in the Context of Manufacturing Strategy**. In: Voss, C.A. (Ed.), *Manufacturing Strategy Process and Content*. Chapman & Hall, London, 1995, pp. 283-295, *apud* BEACH, R.; MUHLEMANN, A.P.; PRICE, D.H.R.; PATERSON, A. & SHARP, J.A. **A review of manufacturing Flexibility**. *European Journal of Operational Research*, v. 122, 2000, pp. 41-57.

flexibilidade está se tornando uma importante fonte de vantagem competitiva para a manufatura.

Nessa mesma linha de pensamento, Serrão (2001) defende que a flexibilidade de manufatura se tornou um elemento de diferenciação da competitividade entre as empresas, afirmando que dentre as fontes mais difundidas (custo, tempo, qualidade e flexibilidade), a flexibilidade de manufatura tem emergido como um elemento-chave para as organizações.

Slack (1993), também classifica a flexibilidade como uma fonte de vantagem competitiva, advertindo que a manufatura necessita ser flexível porque ela tem de administrar a operação sob condições de variedade, riscos e incertezas, permitindo que o processo produtivo continue o seu trabalho. Conforme o autor, a flexibilidade contribui para o desempenho da manufatura, melhorando variáveis como a confiabilidade, custos e velocidade. A confiabilidade, por exemplo, é melhorada quando a manufatura é flexível o suficiente para lidar com interrupções inesperadas no fornecimento, problemas de entrega e capacidade de processo.

Com a flexibilidade, as empresas são capazes de produzir produtos com qualidade superior orientados para o cliente, a um custo baixo e com uma resposta mais rápida às alterações do mercado (WAHAB *et al.*, 2008). Segundo Kara & Kayis (2004), a conveniência de flexibilidade em manufatura decorre da capacidade das organizações lidarem eficazmente com a incerteza oriunda de diversas fontes, conceito anteriormente defendido por Swamidass & Newell (1987) e Gupta & Somers (1992).

Correa (1994) julga que a flexibilidade surge por conta da necessidade de lidar com incertezas intrínsecas e variabilidade de saídas de processos. As incertezas e variabilidades levam às mudanças, sendo estas tanto planejadas (acontecem como decisão consciente da organização, tomada para alterar a própria organização ou sua relação com o ambiente) como não planejadas (acontecem independentemente da determinação da organização, mas as quais a organização precisa se adaptar). Por exemplo, quando o tempo requerido pelo cliente é inferior ao tempo de produção, ou quando o cliente muda a quantidade ou prazo dos pedidos, a flexibilidade aumentará a capacidade de atender às necessidades do cliente (KARA & KAYIS, 2004).

Tal conceito encontra respaldo nos estudos de De Treville *et al.* (2007), segundo

os quais, a redução nos prazos/tempo permitem a redução no tamanho dos lotes e, conseqüentemente, o aumento de mobilidade. O contrário reduz a flexibilidade e dificulta a capacidade das empresas de produzirem sob demanda, o que as leva a produzir para estoque, aumentando a chance de descompassos na cadeia de suprimento, principalmente se há o aumento na variedade de produtos. Os autores defendem que a redução do tempo passa por redução na utilização de recursos gargalo, na variabilidade de entregas e taxas de produção, bem como redução no tamanho de lotes, sendo utilizados recursos como capacidade extra e células de manufatura.

Em suas pesquisas, Correa (1994) sugeriu que incerteza ambiental e variabilidade nos resultados são as duas principais razões (ou estímulos, conforme citado pelo autor) para a busca da flexibilidade de manufatura, as quais podem ser traduzidas em alterações operacionais previstas e/ou não planejadas. As fontes de estímulos podem ser processo, fornecedores, clientes, sociedade, Corporação, outras funções e concorrentes. Segundo o autor, as mudanças não planejadas têm cinco dimensões principais: tamanho, novidade, freqüência, certeza e taxa. Como conseqüência, os gestores buscam manter controle sobre a situação, sendo a flexibilidade a forma buscada, como sugere o modelo da Figura 48.

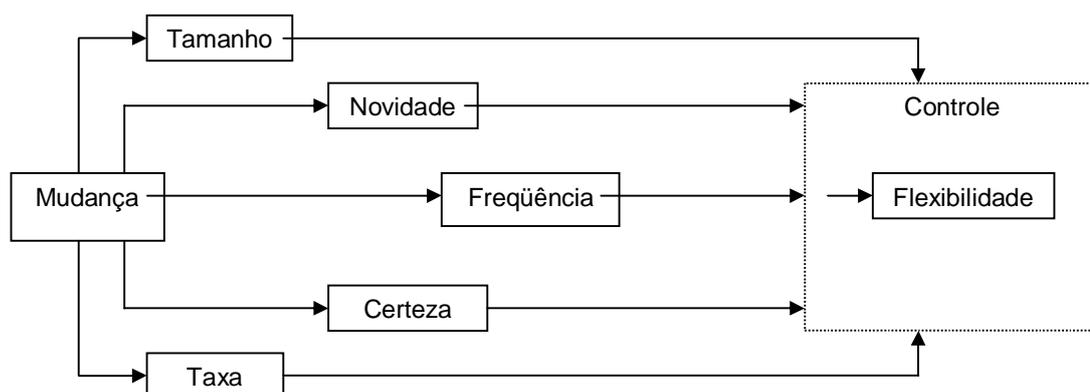


Figura 48: Ligações entre dimensões de mudança e flexibilidade  
Fonte: Correa (1994)

Suarez *et al.* (1996) citam haver pelo menos quatro fatores que afetam a necessidade de flexibilidade, ou seja, quanta flexibilidade seria requerida para a empresa, quais sejam:

- 1) Estratégia de produtos da empresa;

- 2) Comportamento dos competidores relevantes;
- 3) Características de demanda do produto; e
- 4) Estágio no ciclo de vida da empresa.

Kara & Kayis (2004) discorrem sobre as necessidades que levam à flexibilidade, como pode ser visto na Figura 49.

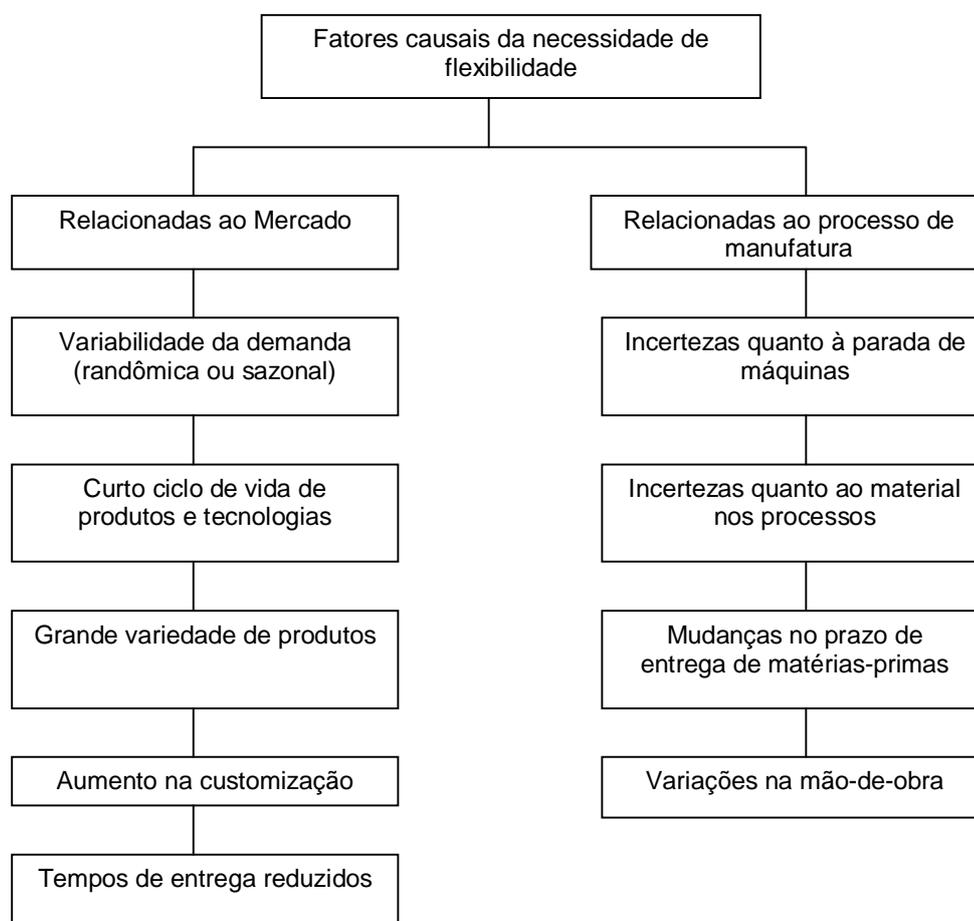


Figura 49: Fatores causais da necessidade de flexibilidade  
Fonte: Kara e Kayis (2004)

Apesar dessa convergência de opiniões entre autores quanto à demanda de flexibilidade de manufatura pelas organizações, Upton (1995) chama a atenção para o conceito multidimensional da flexibilidade. Segundo o autor, a flexibilidade de manufatura é composta por diversas dimensões e elementos, o que não garante que quando uma empresa é flexível em uma dimensão, será, também, flexível em outra.

Segundo Serrão (2005), isso ocorre devido aos relacionamentos entre as dimensões e elementos da flexibilidade gerar um efeito natural de suporte (*trade-offs*), que será aprofundado na próxima seção.

Enfim, a flexibilidade de manufatura é necessária por ter a capacidade de prover as organizações com condições de alterar os níveis de produção rapidamente, para desenvolver novos produtos mais rapidamente e com maior frequência e para responder rapidamente às ameaças competitivas (OKE, 2005; CHANG *et al.*, 2007).

### 5.3. DIMENSÕES, ELEMENTOS, CARACTERÍSTICAS E *TRADE-OFFS* DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

Miller & Shamsie (1999) citam que existem inúmeras incertezas, de diversos tipos, que surgem desde o ambiente externo, em que a empresa está inserida, até o nível mais básico de operações. Infere-se, pois a existência de diversos tipos de flexibilidades. Diferentes situações de manufatura estão associadas a diferentes tipos de incerteza e variações, requerendo diferentes tipos de flexibilidade; conceito também defendido por Swamidass & Newell (1987), Beach *et al.* (2000), Kais & Kara (2005) e Slack (2005).

De acordo com Upton (1994, 1995) e Boyle (2006), a flexibilidade em manufatura pode existir nos diferentes níveis da organização (ou seja, estratégico, tático e operacional) e é composta por vários tipos diferentes (por exemplo, máquinas, roteirização, produto) e cada um com diferentes aspectos (isto é, flexibilidade potencial, real e necessária), a qual pode ser medida em termos de gama (ou seja, número de estados que pode ser alcançada), mobilidade (impactos por mudança, tais como custos e tempo para *setup*) e uniformidade (ou seja, em quanto as medidas de desempenho, tais como qualidade, se alteram com as mudanças executadas).

Gupta & Buzacott (1989) destacam que um sistema de manufatura pode ter diferentes níveis de sensibilidades às diversas mudanças, sendo sensibilidade entendida pelos autores como grau de mudança tolerada sem deterioração de desempenho. Estabelecem, também, a estabilidade do sistema como importante fator para lidar com as mudanças. Ou seja, a sensibilidade determina se uma resposta à

mudança é requerida ou não, enquanto a estabilidade do sistema diz respeito ao sistema ser capaz de responder.

Koste & Malhotra (2000) ressaltam que os impactos não se traduzem somente em implicações de custo para adquirir ou desenvolver flexibilidade, mas em dificuldades para exercerem alternativas, podendo-se incluir, por exemplo, perda de tempo de produção, custo da perda de produção, refugos e retrabalhos devido à transição, etc.; desse modo, entendida como mais flexível a companhia que incorre em menores impactos quando ocorrem as transições.

Na literatura encontraram-se diferentes percepções sobre os tipos de flexibilidade de manufatura. A concepção mais simples é a de Reid & Sanders (2005), ao segmentarem a flexibilidade de manufatura em dois grandes tipos, sendo uma a customização e a outra a flexibilidade de volume. Gaither & Frazier (2004) também segmentam a flexibilidade de manufatura em dois tipos gerais: flexibilidade de volume e flexibilidade de produto. A flexibilidade de volume normalmente é proporcionada pelo uso de trabalho em horas extras, estoques de produtos acabados extras e projetos de processos de produção ou com cadências variáveis de produção ou capacidade excessiva. Já a flexibilidade de produto é a capacidade de mudar rapidamente e de maneira barata o sistema de produção para outros produtos.

Segundo Davis *et al.* (2001) existem três tipos de flexibilidade. O primeiro tipo de flexibilidade indica com que velocidade um processo pode ser convertido da produção de um produto ou uma família de produto para outro produto diferenciado. O segundo tipo indica a capacidade de reagir a modificações no volume de produção. Aqueles processos que conseguem atender a grandes flutuações de volumes são ditos mais flexíveis do que os processos que não atendem à esta característica específica. O terceiro tipo da flexibilidade está associado à habilidade do processo de produzir mais de um produto simultaneamente. Assim, quanto mais produtos o processo pode fabricar em determinado tempo, mais flexível será o processo.

Para Slack (1983), existem quatro tipos de flexibilidade:

- 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.

Já para Gupta & Goyal (1989), existem oito tipos de flexibilidade, sendo essa segmentação, segundo Parker & Wirth (1999), a mais comentada na 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.

Koste & Malhotra (1999) desenvolveram inúmeras pesquisas sobre o tema flexibilidade de manufatura, onde estabeleceram, a partir dos estudos observados, dez dimensões de flexibilidade de manufatura, conforme Quadro 9.

Quadro 9: Dimensões de flexibilidade de manufatura

<b>Dimensão</b>	<b>Definição</b>
Máquina	O número e a heterogeneidade (variedade) de operações que uma máquina pode executar, sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho.
Mão-de-obra	O número e heterogeneidade (variedade) de tarefas/operações quem um trabalhador pode executar sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho.
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.
Roteamento	O número de produtos que tem rotas substitutas e a extensão das variações entre as rotas usadas sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho.
Operação	O número de produtos quem têm planos de seqüenciamento substitutos e a heterogeneidade (variedade) dos planos usados sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho.
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.
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.
<i>Mix</i>	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.
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.
Modificação	O número e a heterogeneidade (variedade) de modificações produtos que são realizados sem incorrer em elevadas penalidades de transição ou grandes mudanças nos resultados de desempenho.

Fonte: Koste & Malhotra (1999)

Além das diversas dimensões anteriores, Upton (1995) referenciou outro tipo de flexibilidade de manufatura, a qual denominou mobilidade operacional e compreendida como sendo a habilidade de mudar rapidamente o produto que está

sendo produzido, evitando custos de carregamento de inventário e facilitando a produção *Just-in-time*.

Já Slack (2005), referenciou um artigo seu de 1983 para abordar a denominada “flexibilidade de qualidade”, que seria a habilidade das empresas para modificar o nível de qualidade de seus produtos. Segundo o próprio autor, as empresas expressavam interesse em melhorar a qualidade, mas não somente variá-la.

Son & Park (1987) defendem ainda a existência da flexibilidade de demanda, compreendida como sendo a adaptabilidade do sistema de manufatura às mudanças de demanda, a qual pode ser medida pelo custo de inventário de produtos acabados e matérias-primas.

Chang *et al.* (2007) classificaram, também, os diversos tipos de flexibilidade como externas e internas, classificação similar a adotada por Upton (1995), sendo as primeiras fáceis de serem percebidas pelos clientes, afetando diretamente sua competitividade.

Exemplos de flexibilidade externa são novo produto, *mix* de produto e volume. Em contrapartida, a flexibilidade interna está relacionada com a necessidade de eficácia em operação, e não está diretamente relacionada com a demanda de mercado e incertezas ambientais.

Exemplos de flexibilidade interna são máquinas, movimentação de material e roteiro. O seu impacto na competitividade de uma empresa do mercado é em grande parte indireta e não é facilmente reconhecido pelos clientes.

Similar abordagem foi levantada por Zhang *et al.* (2003), os quais diferenciaram a capacidade flexível, percebida pelo cliente, de competência flexível, conseguida pela operação de manufatura.

Vokurka & O’Leary-Kelly (2000), defendem doze dimensões de flexibilidade, conforme mostra o Quadro 10.

Quadro 10: Tipos de flexibilidade e suas respectivas definições

<b>Tipos e Definições de dimensões de flexibilidade</b>	
Máquina	Gama de operações que um equipamento pode executar sem necessidade de maiores preparações ( <i>setup</i> )
Movimentação de material	Capacidade do processo de manuseio de materiais de movimentar peças diferentes ao longo do sistema produtivo
Operações	Quantidade de processos alternativos pelos quais uma peça pode ser produzida no sistema
Mão-de-obra	Gama de operações que um operador pode executar no sistema de manufatura
Roteiro	Quantidade de caminhos alternativos que uma peça pode seguir ao longo do sistema produtivo para ser produzida
Produto	Tempo necessário para adicionar ou substituir novas peças no sistema
Novos projetos	Velocidade com que novos produtos podem ser desenhados e introduzidos no sistema
Entrega	Habilidade do sistema de responder às mudanças dos requisitos de entrega
Volume	Faixa (quantidade) na qual uma empresa pode produzir economicamente seus produtos
Expansão	Facilidade com que capacidade pode ser adicionada ao sistema
Produção	Gama de produtos que o sistema pode produzir sem adição de novos equipamentos
Mercado	Habilidade do sistema de manufatura de se adaptar às mudanças no ambiente de mercado

Fonte: Vokurka & O'Leary-Kelly (2000)

Sethi & Sethi (1990), por sua vez, organizaram os tipos de flexibilidade em uma estrutura hierárquica, que reflete os diferentes níveis de operações dos sistemas de produção, além de mostrar suas ligações, como pode ser visto na Figura 50.

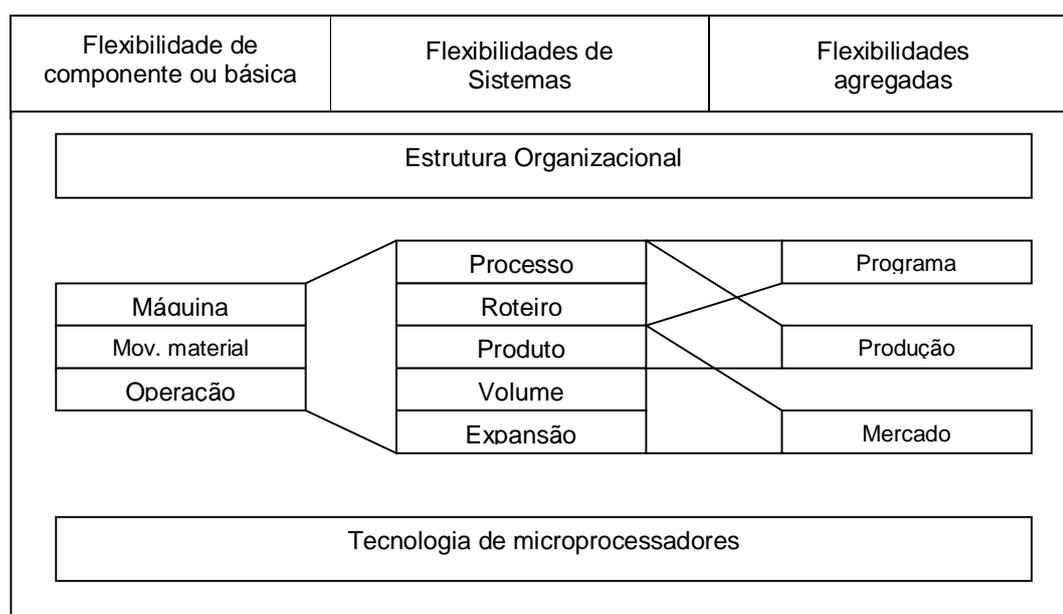


Figura 50: Ligações entre os vários tipos de flexibilidade

Fonte: Sethi & Sethi (1990)

Browne *et al.* (1984) também defendiam a relação hierárquica das flexibilidades; segundo os autores, as flexibilidades de máquina e de roteiro capacitariam as flexibilidades de produto, processo e operação e as flexibilidades de volume e expansão, respectivamente. A flexibilidade de produção seria oriunda destas.

Suarez *et al.* (1996) expuseram o conceito de que os diversos tipos de flexibilidade expressam seus efeitos nas chamadas flexibilidades básicas, ou de primeira ordem, quais sejam: *mix*, volume, novos produtos e prazo de entrega, os quais são percebidos diretamente pelo consumidor, afetando diretamente o posicionamento estratégico no mercado.

Koste & Malhotra (1999), do mesmo modo, estabeleceram uma escala hierárquica para flexibilidades que mostra os relacionamentos potenciais que existem entre elas, como de recurso individual, chão-de-fábrica, planta, funcional e de unidade estratégica de negócios, conforme se observa na Figura 51.

Nestas hierarquias, foram identificadas as seguintes flexibilidades:

- Máquina, mão-de-obra e movimentação de material (recurso individual);
- Roteiro e operação (chão-de-fábrica);
- Volume, expansão, *mix*, novos produtos e modificação (fábrica);
- Organizacional, de sistema, de manufatura, de mercado e de pesquisa e desenvolvimento (funcional); e
- De estratégia (de unidade estratégica de negócios).

Outro estudo de Koste *et al.* (2004), acrescentou novas classificações àquelas anteriormente levantadas por esses mesmos autores, ao diferenciar “gama” como quantidade de alternativas existentes de gama com respeito às diferenças existentes entre as alternativas.

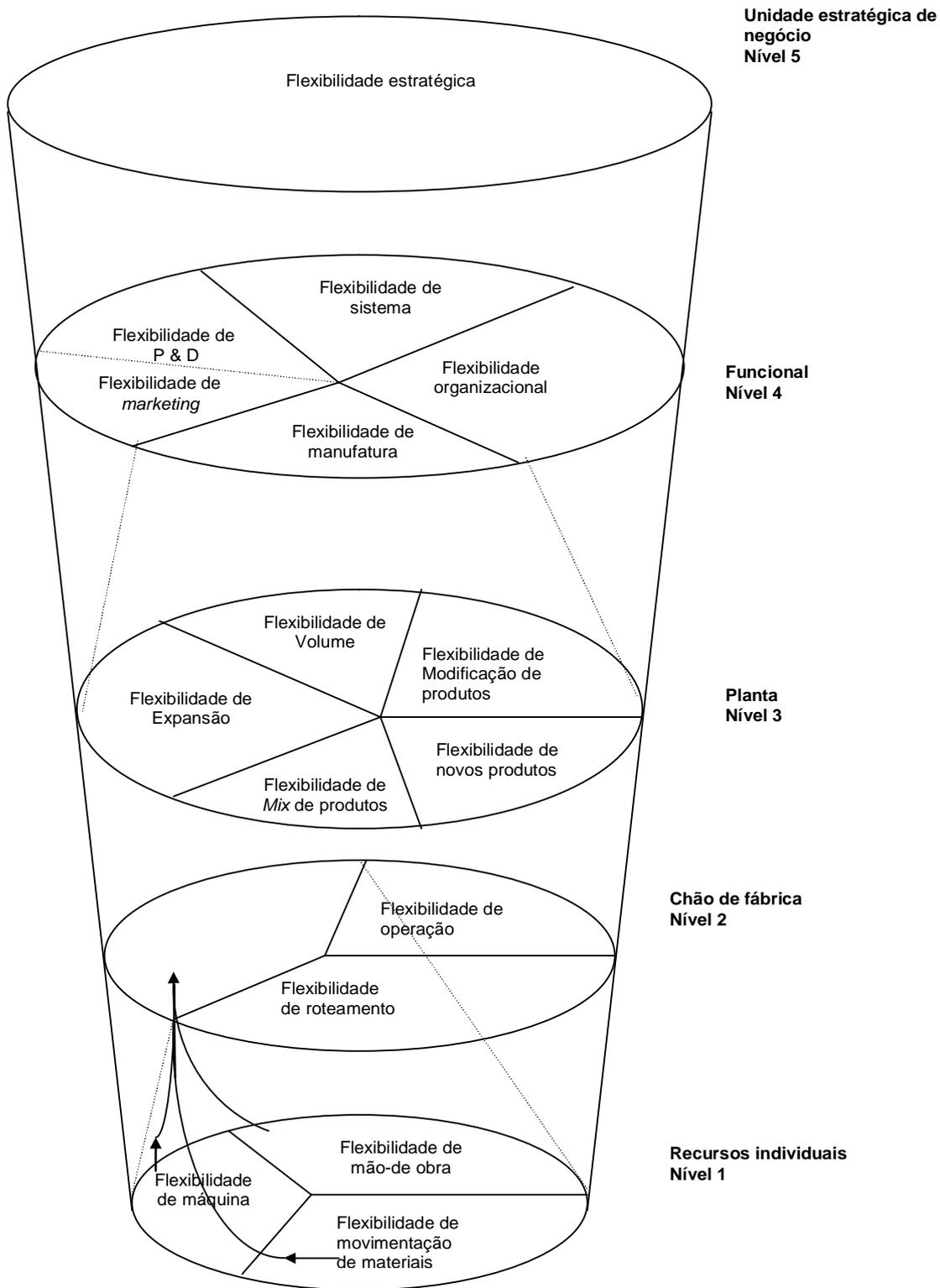


Figura 51: Hierarquia das dimensões da flexibilidade  
 Fonte: Koste & Malhotra (1999)

Indo além, há de se destacar que no estudo de Pagell & Krause (1999) foram selecionadas diferentes medidas de flexibilidade, as quais poderiam complementar o estudo de Vokurka & O’Leary-Kelly (2000), mesmo que os primeiros tenham delimitado seu estudo ao chão-de-fábrica. As medidas foram:

- Flexibilidade do *mix* de produtos do tipo 1 - quantidade de produtos ou famílias distintas produzidas na fábrica;
- Flexibilidade do *mix* de produtos do tipo 2 - tamanho do lote médio da fábrica (a premissa dos autores é que com a diminuição dos lotes e/ou aumento da variedade de produtos, a fábrica será capaz de produzir uma variedade maior de produtos);
- Flexibilidade na introdução de novos produtos do tipo 1 - quantidade de novas peças/produtos (como percentual do *mix* atual) introduzidas a cada ano; e
- Flexibilidade na introdução de novos produtos do tipo 2 - quantidade de peças/produtos (como percentual do *mix* atual) retiradas (fim de vida) a cada ano.

Tais flexibilidades mostram-se cada vez mais presentes por conta da redução dos ciclos de vida de produtos, os quais afetam as empresas de duas formas: precisam manter a habilidade de desenhar e produzir novos produtos (ou alterar os existentes) num curto espaço de tempo e os equipamentos dedicados de manufatura podem se tornar obsoletos rapidamente (KARA & KAYIS, 2004). Para os autores, a diversidade de produtos também está relacionada a este aspecto, visto que as empresas precisam, por conta da crescente necessidade de customização, prover pequenas modificações nos produtos existentes.

Para Sawhney (2005), a flexibilidade de *mix* é definida como sendo a habilidade de produzir uma vasta gama de produtos com um período mínimo de planejamento e a flexibilidade de entrega é a capacidade de reduzir ou ampliar o tempo de entrega, bem como se adequar rapidamente às mudanças nos pedidos. Para o autor, flexibilidade de roteiro refere-se à capacidade do sistema de movimentação do material para acomodar mudanças e ligar de forma eficiente diferentes máquinas do sistema de produção.

Sawhney (2005) citou ainda o conceito de flexibilidade de qualidade de entradas como sendo a capacidade do sistema de produção para acomodar uma gama de variações de entrada, e obedecer a um intervalo de tolerância. Para Kara & Kayis (2004), seria também, no caso do maquinário não poder lidar com esta variação, ser capaz de identificar tais desvios e encaminhar para outro equipamento que possa ser usado para este processamento.

Kara & Kayis (2004) levantaram ainda a existência da flexibilidade financeira, a qual permitiria compensar trabalhadores por, por exemplo, trabalho extraordinário. Já o levantamento feito por Scala *et al.* (2006) mostrou ainda as seguintes flexibilidades:

- De trabalho (interpretado pelos autores como sendo similar à flexibilidade de processo);
- De entradas;
- De mudanças de projeto;
- De curto prazo;
- De ação;
- Dinâmica (respostas rápidas e fáceis de, por exemplo, mudanças de produtos/produção);
- De estado (ou status); e
- De modificação (definida por Koste & Malhotra (1999) como a quantidade e heterogeneidade de modificações de produto que podem ser implementadas sem maiores impactos ou mudanças de desempenho).

O estudo de Lau (1999) encontrou relações diretas da flexibilidade de manufatura (mensurada pela habilidade da empresa em colocar rapidamente em produção os novos produtos, em operar a diferentes níveis, em adaptar-se às mudanças do ambiente empresarial, em desenvolver ou modificar novos produtos e em produzir vasta variedade de produtos simultaneamente) com o que o autor denominou “escalas de infra-estrutura”, quais sejam:

- Comunicação - clara divisão de responsabilidades, abertura gerencial para sugestões, críticas e reclamações e acessibilidade ao pessoal de linha ao corpo gerencial;

- Relações interdepartamentais - relacionamento entre manufatura e engenharia de produto, contabilidade/finanças, marketing e fornecedores, bem como entre gerentes de manufatura e operadores de linha;
- Flexibilidade dos fornecedores - flexibilidade para mudança de volume e variedade; e
- Tecnologia - uso de tecnologia de grupo ou células de manufatura, de engenharia simultânea para desenvolvimento de produtos e processos, de sistemas de manufatura flexível (FMS), de CAD/CAM, de máquinas de comando numérico e robôs e de MRP para planejamento e controle.

Swamidass & Newell (1987) já haviam levantado a influência da disponibilidade de informações, compreendida como necessidade para o processo decisório, como elemento crucial para a flexibilidade. Ou seja, as incertezas ambientais seriam percebidas pela organização via informações aos gestores, os quais tomariam decisões sobre flexibilidade (investimentos, necessidades, etc.), o que teria impacto sobre os resultados da organização.

Com base no modelo de Daft & Weick<sup>9</sup> (1984 *apud* DE TREVILLE *et al.*, 2007, p. 342), De Treville *et al.* (2007) sugeriram que a empresa reage a incerteza ambiental:

- Respondendo adequadamente;
- Respondendo de uma forma reativa; ou
- Escolhendo limitar a incerteza

Boyle (2006) cita que as organizações buscam a flexibilidade para lidar com a incerteza por razões de adaptação, proatividade ou estratégica. Tal pensamento está alinhado com Schmenner & Tatikonda (2005), que expandiram o trabalho de Gerwin (2005) e citam que a necessidade de flexibilidade é fundamentada na necessidade de fazer face à incerteza no ambiente de manufatura. Ou seja, diferentes tipos de incerteza levariam diretamente as necessidades de diferentes tipos de flexibilidade (Quadro 11).

---

<sup>9</sup> DAFT, R.L., WEICK, K.E. **Towards a model of organizations as interpretation systems.** *Academy of Management Review*, v. 9, nº 2, 1984, pp. 284–295, *apud* DE TREVILLE, S; BENDAHAN, S. & VANDERHAEGHE, A. **Manufacturing flexibility and performance: bridging the gap between theory and practice.** *International Journal of Flexibility Manufacturing Systems*, v. 19, 2007, pp. 334–357.

Quadro 11: Domínios da flexibilidade de manufatura

Natureza da incerteza	Tipo de flexibilidade	Habilidade para...
Demanda por tipos de produtos oferecidos	<i>Mix</i>	Produzir certo número de diferentes produtos ao mesmo tempo
Duração do ciclo de vida do produto	Mudança	Lidar com adições e subtrações no <i>mix</i> ao longo do tempo
Características apropriadas de produto	Modificação	Fazer mudanças funcionais no produto
Parada de máquinas de produção	Roteiro (ou seqüência)	Mudar a seqüência de operações pela qual as peças passam
Demanda agregada de produto	Volume	Facilmente mudar o volume agregado de produção
Adequação às especificações de matéria-prima	Material	Lidar com variações incontroláveis na composição e dimensões das peças
Momento de chegada dos insumos/entradas de processos	Seqüenciamento	Reorganizar a ordem na qual diferentes tipos de peças são processadas

Fonte: Schmenner & Tatikonda (2005)

Kara & Kayis (2004) compilaram mecanismos, ferramentas e técnicas de flexibilidade para lidar com as diversas formas de incerteza e variabilidade, como pode ser visto no Quadro 12.

Schmenner & Tatikonda (2005) analisaram também como a evolução da tecnologia e técnicas integradas de gestão encontraram forte sinergia com o conceito de flexibilidade. Os autores citam, como exemplo, a redução do tempo de processo ter tornado mais fácil a elaborações de previsões de demanda, atenuando a necessidade da flexibilidade de *mix* e volume. Conforme Ettlíe & Penner-Hahn (1994), se as empresas conhecessem melhor o seu negócio, talvez não precisassem de tanta flexibilidade.

Schmenner & Tatikonda (2005) ainda resgataram o conceito de Gerwin sobre uma fábrica ser "flexível" em parte porque é "proativa": a fábrica proativa avança na remoção de resíduos, menor desperdício de esforço e de movimento, *re-layout* das áreas de trabalho, re-engenharia, incorporando as novas tecnologias de informação (por exemplo, por meio de sistemas de ERP), diminuindo o tempo e os custos, o que aumenta o grau de flexibilidade no processo. O compartilhamento de informação em toda a cadeia de suprimento contribui para tornar uma cadeia de suprimentos flexível, controlando o efeito chicote e outras disfunções, reduzindo o tempo e o custo de responder a desafios emergentes de suprimento.

Quadro 12: Disposições de flexibilidade para lidar com a incerteza

<b>Mecanismos, ferramentas e técnicas de flexibilidade</b>		
Incerteza / variabilidade	Flexibilidade	Mecanismos, ferramentas e técnicas
Demanda	Volume	Produção em lotes com curto tempo de <i>setup</i>
	Expansão	Pequenas unidades de produção, células modulares de produção, máquinas multiuso e sistemas não-dedicados de movimentação de material
	Mão-de-obra	Trabalhadores multifunção, flexibilidade numérica (variação do tamanho da força de trabalho), temporários, horas-extra
	Controle	Subcontratação, excesso de trabalhadores e de capacidade tecnológica
Ciclos de vida de produto mais curtos	Movimentação de material	Layout e sistemas de movimentação adequados, AGV, dispositivos de uso geral, ergonomia
	Produto	CAD, CAM, CAPP, integração e coordenação, times multifuncionais com envolvimento de fornecedores, tecnologia de grupo, ferramentas de troca rápida e dispositivos flexíveis
	Máquina	Sofisticados sistemas de alimentação, ampla faixa de uso
	Processo	Centros de usinagem CNC, multiuso e adaptáveis
	Operação	Projeto adequado de peças
	Mão-de-obra	Trabalhadores multifunção, aprendizado contínuo
	Controle	Previsões eficientes
Diversidade de produtos	Produto	CAD, CAM, CAPP, times multifuncionais, tecnologia de grupo, ferramentas de troca rápida e máquinas CNC
	Mão-de-obra	Trabalhadores multifunção, aprendizado contínuo, times multifuncionais de projeto
	Mix/produção	Adição de flexibilidade de máquinas e equipamentos de movimentação
	Máquina	Sofisticados sistemas de alimentação, ampla faixa de uso
	Movimentação de material	Layout e sistemas de movimentação adequados, AGV, dispositivos de uso geral, ergonomia
	Operação	Projeto adequado de peças
	Controle	Terceirização, previsões, desenho modular, estoque de produtos semi-acabados
Curtos tempos de entrega	Entrega	Prazos curtos por toda a cadeia de suprimento, baixa variação dos tempos em toda a operação, rápidas mudanças de programação
	Máquina	<i>Setups</i> rápidos, ampla faixa de uso
	Mão-de-obra	Flexibilidade funcional, trabalhadores multifunção
	Roteiro	Máquinas multiuso, sobreposição de processos, <i>software</i> flexível
Máquina	Roteiro	Máquinas multiuso, sobreposição de processos, <i>software</i> flexível
	Operação	Projeto adequado de peças, reserva de tempo ( <i>lead time</i> ), subcontratação, fornecedores externos
	Reservas e controle	Treinamento dos trabalhadores, manutenção preventiva
Movimentação de material	Máquina	Alimentação flexível, retirada automática de cavacos
	Material	Sistemas automáticos de monitoramento, habilidades do operador, redução de fornecedores, relações mais próximas com fornecedores
	Controle	Garantia da qualidade, reserva de matéria-prima, boa comunicação/EDI
Mão-de-obra	Mão-de-obra	Trabalhadores multifunção, flexibilidade numérica (variação do tamanho da força de trabalho), temporários, horas-extra
	Controle	Subcontratação, ergonomia preventiva, plano de saúde da companhia, etc.

Fonte: Adaptado de Kara &amp; Kayis (2004)

Mandelbaum<sup>10</sup> (1978, *apud* BEACH *et al.*, 2000, p. 48) descreve flexibilidade em dois contextos principais: flexibilidade de ação, onde intervenção externa é necessária antes que o sistema possa responder às mudanças, e flexibilidade de estado, em que a capacidade de resposta do sistema existe dentro dele próprio.

Sawhney (2005) explorou também o conceito de proatividade no que diz respeito à flexibilidade de manufatura e a coexistência desta com ações reativas no dia-a-dia das empresas. Segundo o autor, o conceito de flexibilidade como sendo a capacidade da organização se adequar às incertezas mostrava-se com limitados horizontes, apresentando lacunas nas respostas das empresas, o que é aprimorado pela proatividade que as empresas conseguem implementar. O mecanismo exposto pelo autor é que as organizações percorrem um caminho pela incerteza, inicialmente por meio da utilização de flexibilidade reativa; e, mais tarde, eliminadas essas incertezas, permite a utilização da flexibilidade proativa para criar oportunidades.

Gupta & Somers (1992) entenderam que a proatividade seria uma estratégia “ofensiva”, visto usar a flexibilidade para continuamente modificar o ambiente, enquanto a reatividade seria “defensiva”, por reagir às mudanças. Já Hyun & Ahn (1992), haviam identificado quatro estratégias de flexibilidade, quais sejam:

- Incerteza reativa interna;
- Incerteza reativa externa;
- Incerteza proativa interna; e
- Incerteza proativa externa.

IBM, Dell, BMW, Xerox, GE e Volkswagen, por meio da utilização proativa de flexibilidade, realizaram grandes transformações, a fim de aumentar a competitividade (SAWHNEY, 2005).

Beach *et al.* (2000) apresentaram um modelo que alinhava os conceitos estratégicos e necessidades de flexibilidade com as características de ações reativas e proativas destas, como pode ser visto na Figura 52.

---

<sup>10</sup> MANDELBAUM, M. **Flexibility in decision theory: An exploration and unification**, unpublished Ph.D. dissertation, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, Canada, 1978 *apud* BEACH, R.; MUHLEMANN, A.P.; PRICE, D.H.R.; PATERSON, A. & SHARP, J.A. **A review of manufacturing Flexibility**. European Journal of Operational Research, v. 122, 2000, pp. 41-57.

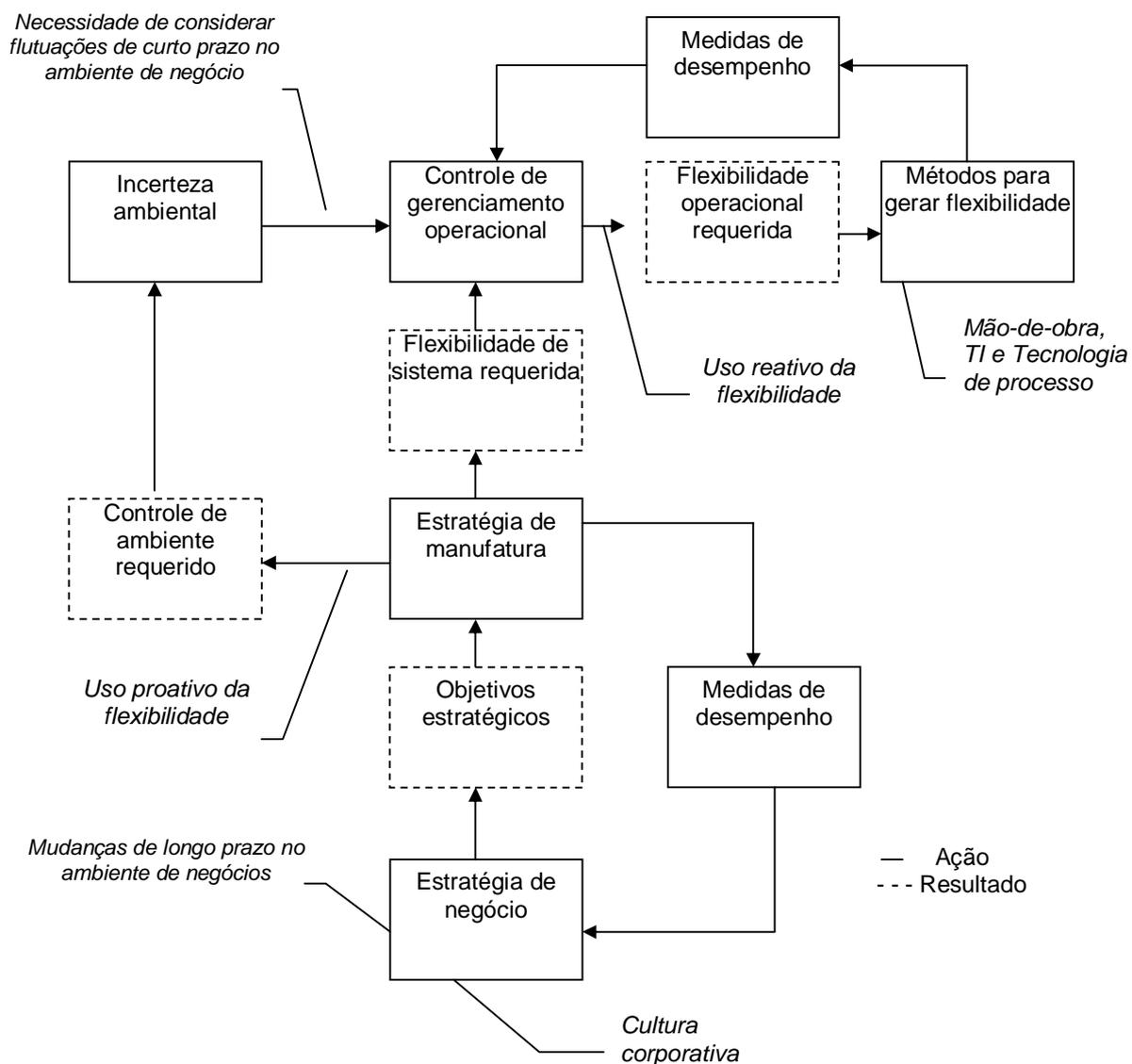


Figura 52: Modelo conceitual de estrat\u00e9gias e necessidades de flexibilidade  
 Fonte: Beach *et al.* (2000)

Vokurka & O'Leary-Kelly (2000) compilaram contextos, tipos de vari\u00e1veis, rela\u00e7\u00f5es observadas e \u00e1reas em estudos sobre flexibilidade de diversos autores, como pode ser visto no Quadro 13.

O cruzamento das informa\u00e7\u00f5es dos quadros anteriormente mostrados apresenta a freq\u00fc\u00eancia com que as diferentes dimens\u00f5es de flexibilidade foram abordadas pelos diversos autores, como pode ser observado no Quadro 14.

Quadro 13: Sumário de estudos empíricos sobre flexibilidade

Autores	Flexibilidade como variável		Tipo de variável externa examinada	Relação flexibilidade-desempenho examinada			Área de desempenho examinada
	Dependente	Independente		Direta	Moderada (contingencial ou situacional)	Nenhuma	
Swamidass & Newell (1987)	X	X	Fatores ambientais	X			Financeira e melhoria de desempenho
Fiegenbaum & Karnani (1991)	X	X	Atributos organizacionais		X		Desempenho financeiro
Das <i>et al.</i> (1993)	X		Atributos organizacionais			X	Nenhuma
Parthasarthy & Sethi (1993)		X	Estratégia e atributos organizacionais		X		Financeira e melhoria de desempenho
Ettlie & Penner-Hahn (1995)	X		Estratégia			X	Nenhuma
Upton (1995)	X		Atributos organizacionais e tecnologia			X	Nenhuma
Ward <i>et al.</i> (1995)	X		Fatores ambientais		X		Desempenho financeiro
Gupta & Somers (1996)	X	X	Estratégia	X			Financeira e melhoria de desempenho
Safizadeh <i>et al.</i> (1996)	X		Tecnologia			X	Nenhuma
Suarez <i>et al.</i> (1996)	X		Atributos organizacionais e tecnologia			X	Nenhuma
Boyer <i>et al.</i> (1997)	X		Atributos organizacionais e tecnologia		X		Nenhuma
Upton (1997)	X		Atributos organizacionais e tecnologia			X	Nenhuma
Vickery <i>et al.</i> (1997)		X	Nenhuma	X			Financeira e melhoria de desempenho

Fonte: adaptado de Vokurka & O'Leary-Kelly (2000)

Quadro 14: Sumário das variáveis nos estudos empíricos em flexibilidade

Dimensão de flexibilidade	Autor												
	Swamidass & Newell (1987)	Fiengenbaum & Karnani (1991)	Das <i>et al.</i> (1993)	Parthasarthy & Sethi (1993)	Ettlie & Penner-Hahn (1995)	Upton (1995)	Ward <i>et al.</i> (1995)	Gupta & Somers (1996)	Safizadeh <i>et al.</i> (1996)	Suarez <i>et al.</i> (1996)	Boyer <i>et al.</i> (1997)	Upton (1997)	Vickery <i>et al.</i> (1997)
Máquina								X					
Movimentação de material								X					
Operações													
Automação				X									
Mão-de-obra													
Processo								X					
Roteiro								X					
Produto					X	X							
Novos projetos									X				
Entrega													
Volume		X	X					X	X	X			
Expansão								X					
Programa								X					
Produção	X				X			X	X	X		X	X
Mercado							X	X			X		

Fonte: adaptado de Vokurka & O'Leary-Kelly (2000)

Além das diversas dimensões de flexibilidade observadas até aqui, Slack (1987), Upton (1994) e Koste & Malhotra (1999) chamam a atenção para o desdobramento dessas dimensões em elementos de flexibilidade, motivo pelo qual torna-se, também, necessária sua compreensão. Segundo Serrão (2005), o trabalho desenvolvido por Koste & Malhotra (1999) quanto à pesquisa dos elementos de flexibilidade em número de faixa, heterogeneidade de faixa, mobilidade e uniformidade, pode ser considerado como referencial para resumir os elementos da flexibilidade. Esses autores pesquisaram e analisaram cinquenta trabalhos publicados no espaço de trinta anos (entre os anos de 1967 e 1997) e 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 de dez dimensões da flexibilidade de manufatura – segundo os autores, as dez mais importantes dimensões –, identificando quais os elementos da flexibilidade foram utilizados pelos autores para mensurar a flexibilidade, conforme mostra a Figura 53.

Dimensões da flexibilidade	Elementos da Flexibilidade			
	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] Parad (1992); [4] Benjafaar (1994); [5] Benjafaar and Ramakrshnan (1996); [6] Bernardo and Mohamed (1992); [7] Bobrowski and Park (1993); [8] Boyer and Leong (1996); [9] Brennesholtz (1996); [10] Browne *et al* (1994); [11] Carter (1986); [12] Shandra and Tombak (1992); [13] Chatterjee *et al* (1994); [14] Chen *et al* (1992); [15] Cox (1989); [16] Das and Nagendra (1993); [17] Dixon (1992); [18] Dixon *et al* (1990); [19] Elvers and Treleven (1985); [20] Ettlie and Penner-Hahn (1994); [21] Fiengenbaum and Karnani (1991); [22] Fryer (1974); [23] Gerwin (1987); [24] Gerwin (1993); [25] Gupta (1993); [26] Gupta and Summers (1992); [27] Gupta and Summers (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] Hamasesh 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 53: Análise sobre operacionalização dos elementos da flexibilidade  
Fonte: Koste & Malhotra (1999)

E para facilitar o entendimento dos elementos de dimensões de flexibilidade de manufatura, o Quadro 15, desenvolvido por Serrão (2005) a partir de Koste & Malhotra (2000, pp. 694-695) e Koste & Malhotra (1999, p. 79) apresenta uma caracterização desses elementos.

Quadro 15: Caracterização dos elementos da flexibilidade da manufatura

Elemento	Definição	Indicadores potenciais	Comentários
Número de faixa (N-F)	Representa o número de opções possíveis que sistema ou recurso pode atingir.	Número de opções (operações, tarefas, produtos, etc).	Um recurso ou sistema que pode operar em uma faixa mais ampla é considerado mais flexível do que um correspondente com uma faixa menor.  O elemento N-F é estritamente numérico e contabiliza o número de opções flexíveis.
Heterogeneidade de faixa (H-F)	Não considera o número de opções, apenas o grau de diferenciação entre elas.	Heterogeneidade das opções (diferenças entre operações, tarefas, produtos etc.).	Em geral, uma maior heterogeneidade entre as opções necessita de um nível maior de habilidade na organização.  Uma maior heterogeneidade poderá ser associada com sistema de recurso mais flexível.
Mobilidade (M)	Representa a facilidade com que uma organização se move de um estilo para outro.	Penalidades de transição-tempo custo, esforço de transição.	Corresponde a noção de “facilidade de movimento” proposta por Slack (1987)
Uniformidade (U)	Captura a similaridade de desempenho dentro da faixa.	Similaridades dos resultados de desempenho – qualidade, custos, tempo etc.	Um sistema menos flexível exibirá picos e vales nos resultados de desempenho.  A uniformidade pode ser avaliada por meio de um grande número de medidas de desempenho. Estes incluem, mas não estão limitados, a eficiência, produtividade, qualidade, tempos ou custos e processamento, ou custos de produtos.

Fonte: Serrão (2005)

Mais que a compreensão dos diferentes tipos de flexibilidade e seus elementos, 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. Assim, percebendo a relevância do assunto e os benefícios que poderiam ser trazidos para as organizações, 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. A Figura 54 detalha os 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. Nessa figura, o sinal “+” denota um relacionamento positivo, “0” denota o não relacionamento e “-“ representa um relacionamento negativo.

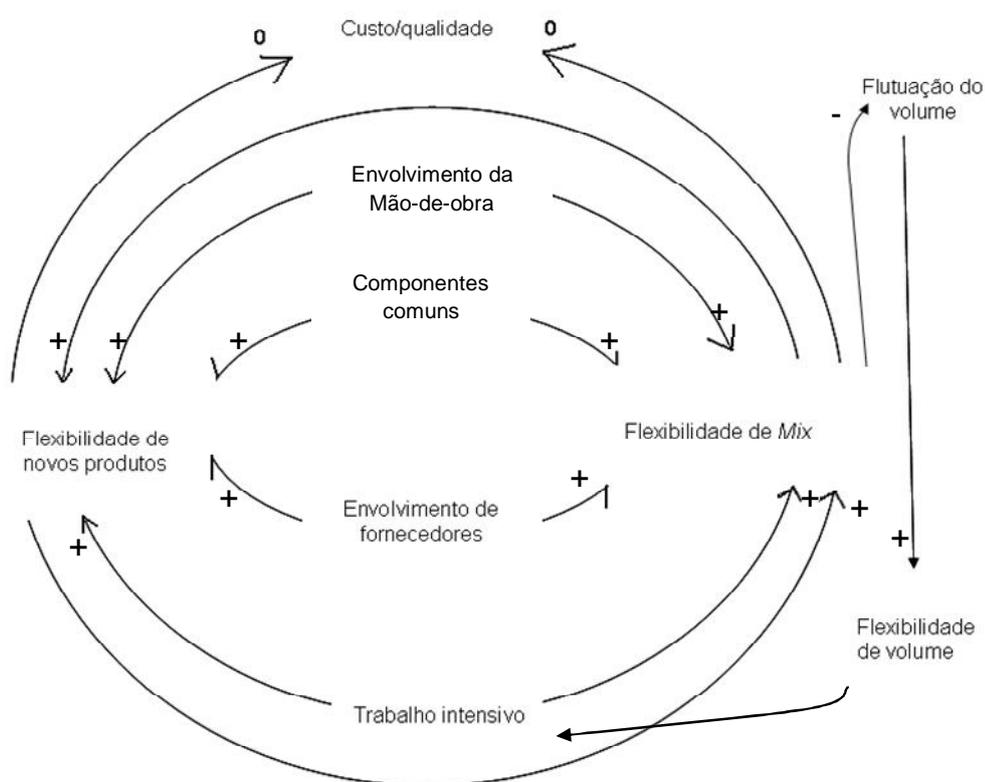


Figura 54: Diagrama de relacionamentos de flexibilidade  
Fonte: Suarez *et al.*, (1996)

Parker & Wirth (1999) igualmente estudaram as relações entre as dimensões de flexibilidade e seus elementos, e levantaram a existência de relações complexas e *trade-offs* entre os tipos. Em seu estudo, envolvendo flexibilidades de máquina, operação, processo, produto e rotina, os autores identificaram relações e *trade-offs*, conforma ilustra a Figura 55.

	Máquina	Processo	Produto	Rotina	Volume	Expansão	Operação	Produção
Máquina		++	++	++	--		++	++
Processo			++	++	--			
Produto					--			
Rotina					+-		++	
Volume								
Expansão								
Operação								
Produção								

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

Figura 55: Relação entre tipos de flexibilidade  
 Fonte: Parker & Wirth (1999)

Nessa pesquisa, 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. Para as células em branco não se pesquisou relacionamentos intra e entre as dimensões de flexibilidade.

Outro trabalho relevante sobre os *trade-offs* das diferentes dimensões de flexibilidade de manufatura foi desenvolvido por Koste e Malhotra (1999). Os autores em questão analisaram dezoito trabalhos sobre o tema, onde constataram uma relação entre a flexibilidade de máquina e flexibilidade de *mix*, citada em dez pesquisas como sendo um requerimento da flexibilidade de produto de *mix* e uma relação entre flexibilidade de máquina e flexibilidade de roteamento. Identificaram, também, 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 Figura 56 resume a pesquisa em questão, condensando 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. 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.

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

Citações: [1] Beckman (1990) [2] Boyer and Leong\* (1996) [3] Brownie *et al* (1984) Carlsson (1989) [5] Chen *et al* (1992) [6] Cox (1989) [7] Gerwin[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*\* (1996) [17] Suarez *et al*\* (1996) [18] Witt (1990)

\*Indicação de pesquisa empírica

Figura 56: Relacionamento entre as dimensões de flexibilidade

Fonte: Koste & Malhotra (1999)

Finalizando essa seção, há de se fazer constar que, de acordo com Wahab *et al.* (2008), dentre os diversos tipos de flexibilidade existentes, a flexibilidade de máquina é a mais importante e, diversas outras flexibilidades dependem dela: com o aumento de flexibilidade de máquina, segundo os autores, sendo as máquinas capazes de executar maior variedade de operações, obtém-se maior nível de flexibilidade de *mix*, de processo, de operações e de roteiro. Browne *et al.* (1984) dão indícios de terem a mesma percepção, ao citar a dependência de outras flexibilidades com a de máquina.

O autor ainda cita que a flexibilidade de máquina é função do progresso tecnológico, adequação da operação e capacidade tecnológica para unir peças a serem produzidas com as máquinas envolvidas.

#### 5.4. FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA NA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Burnes & Stalker<sup>11</sup> (1961 *apud* PAGELL & KRAUSE, 1999, p. 308) citaram que quanto mais complexo e imprevisível o ambiente em que uma empresa atua, maior a necessidade de uma estrutura mais “orgânica”, integrada e estruturada de forma menos mecanicista (com inúmeras subdivisões de tarefas mais simples e de postos de trabalho), capaz de se adaptar às mudanças do ambiente. Dessa forma, pode-se argumentar que a flexibilidade de manufatura de uma empresa também dependerá da reação e a flexibilidade dos seus principais fornecedores (NARASIMHAN *et al.* 2004).

Esta noção de interdependência dentro de uma organização da cadeia de abastecimento é importante, porque incertezas, independentemente de onde eles provêm, têm o potencial de serem transmitidas a diversos parceiros ao longo da cadeia de valor. Por exemplo, se entregas de fornecedores são tardias ou incompletas, há impacto no fluxo de bens e serviços por meio da cadeia de fornecimento, em última análise, resultando em mau serviço (SAWHNEY, 2005).

Por conseguinte, uma perspectiva mais clara da interação entre a flexibilidade e a incerteza dentro de uma cadeia de valor é importante, uma vez que irá ajudar a conceber estratégias de gestão que sejam mais bem sucedidas (SAWHNEY, 2005). Gupta & Somers (1992) citam que, dentre as incertezas existentes, há o exemplo de demoras por filas, o que está intimamente ligado ao seqüenciamento do processo produtivo, porém, com maior abrangência, a toda a cadeia de suprimento. Pagell & Krause (2004) defendem que as empresas podem reduzir a incerteza ambiental por meio do gerenciamento de sua cadeia de suprimentos.

Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) citam que as empresas vêm implementando

---

<sup>11</sup> BURNES, T., STALKER, G.M. **The Management of Innovation.** Tavistock Publications, London, 1961 *apud* PAGELL, M. & KRAUSE, D. R. **A multiple-method study of environmental uncertainty and manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v. 17, 1999, pp. 307–325.

diversos programas de melhoria de sua flexibilidade, tais como manufatura *Just-in-time*, técnicas de customização maciça, métodos de competição baseados no tempo e manufatura ágil. A pesquisa de Narasimhan *et al.* (2004), por exemplo, indicou que a chamada “tecnologia avançada de manufatura” (sistemas de projeto e manufatura controlados por computador, produção *just-in-time*, uso de informações em tempo real para reduzir desperdícios e usar sistema “puxado” de produção, etc.) foi o marco antecessor da flexibilidade em manufatura, compilando diversas vertentes quanto à manufatura flexível:

- Sistemas flexíveis de manufatura e sistemas CAD/CAM facilitam a manufatura flexível;
- O objetivo da tecnologia avançada de manufatura é a flexibilidade;
- Plantas com processo de produção em fluxo contínuo usam tecnologia avançada de manufatura para atingir volumes elevados de personalização em massa;
- O aumento da adoção de tecnologias avançadas de manufatura permitiu que empresas alcançassem ganhos de eficiência de volume e flexibilidade de produto.

Já Ndubisi *et al.* (2005) ressaltaram a importância da flexibilidade na cadeia de suprimento: segundo os autores, apenas a melhoria da capacidade do fabricante não é suficiente para atender as necessidades em constante mudança dos clientes.

Estratégias inovadoras de manufatura como manufatura ágil, manufatura enxuta, manufatura sincronizada, customização do produto e competição baseada no tempo precisam ser usadas em conjunto com o fortalecimento da cadeia de suprimento, muitas das vezes na forma de alianças com poucos fornecedores qualificados e certificados, com os quais os processos produtivos são integrados. Os autores defendem haver relação entre as estratégias de seleção e gerenciamento dos fornecedores com a flexibilidade da manufatura na empresa, como pode ser observado na Figura 57.

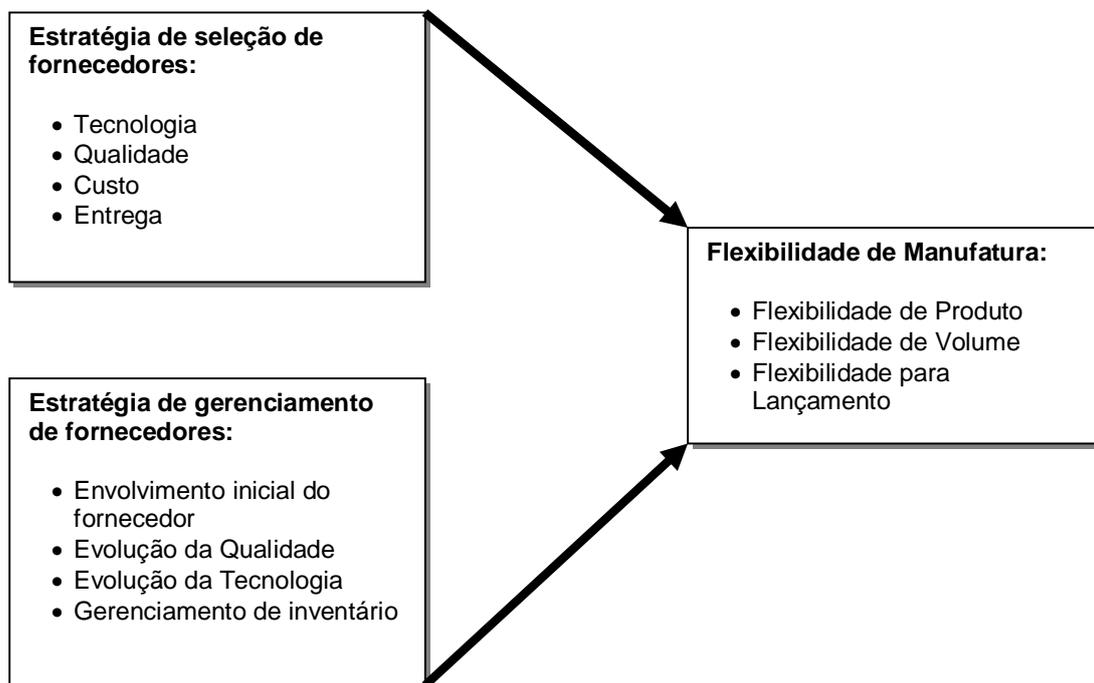


Figura 57: Modelo para integração da flexibilidade na organização e fornecedores  
 Fonte: Ndubisi *et al.* (2005)

Tal conceito está alinhado com a idéia de Sawhney (2005) de que, ao avaliar um fornecedor, a flexibilidade de seus processos e insumos deve ser considerada, além da sua atual flexibilidade de produção, uma vez que estes fatores, em última instância, determinam a resposta do fornecedor para necessidades futuras.

A abordagem tradicional de lidar com a incerteza do fornecedor por meio de estoques excedentes, por exemplo, mostra-se inadequada por aumentar os custos ao longo de toda a cadeia. Ao contrário, nos últimos anos, tem havido uma tendência para a redução de estoques pela construção de parcerias estratégicas. Esses movimentos reduzem os custos e por meio de uma colaboração mais estreita em domínios como o *design*, melhoria de qualidade e redução de custos, mas eles também aumentam a exposição da empresa à imprevistos de faltas e reduzem a flexibilidade de terem diversos fornecedores dispostos e capazes de satisfazer as necessidades do cliente (SAWHNEY, 2005).

Mabert & Venkataramanan (1998) defendem que a abordagem da cadeia de valor proporciona mais opções na configuração de flexibilidade e permite que decisões tomadas em um segmento complementem as feitas em outros segmentos da cadeia.

Sawhney (2005) propôs um modelo que mostra uma contínua troca de flexibilidades ao longo da cadeia de abastecimento, criando oportunidades e combatendo incertezas: este intercâmbio não é restrito ao ponto em que a incerteza ou flexibilidade originou, mas passa para frente ou para trás ao longo da cadeia. O modelo em questão é apresentado na Figura 58.

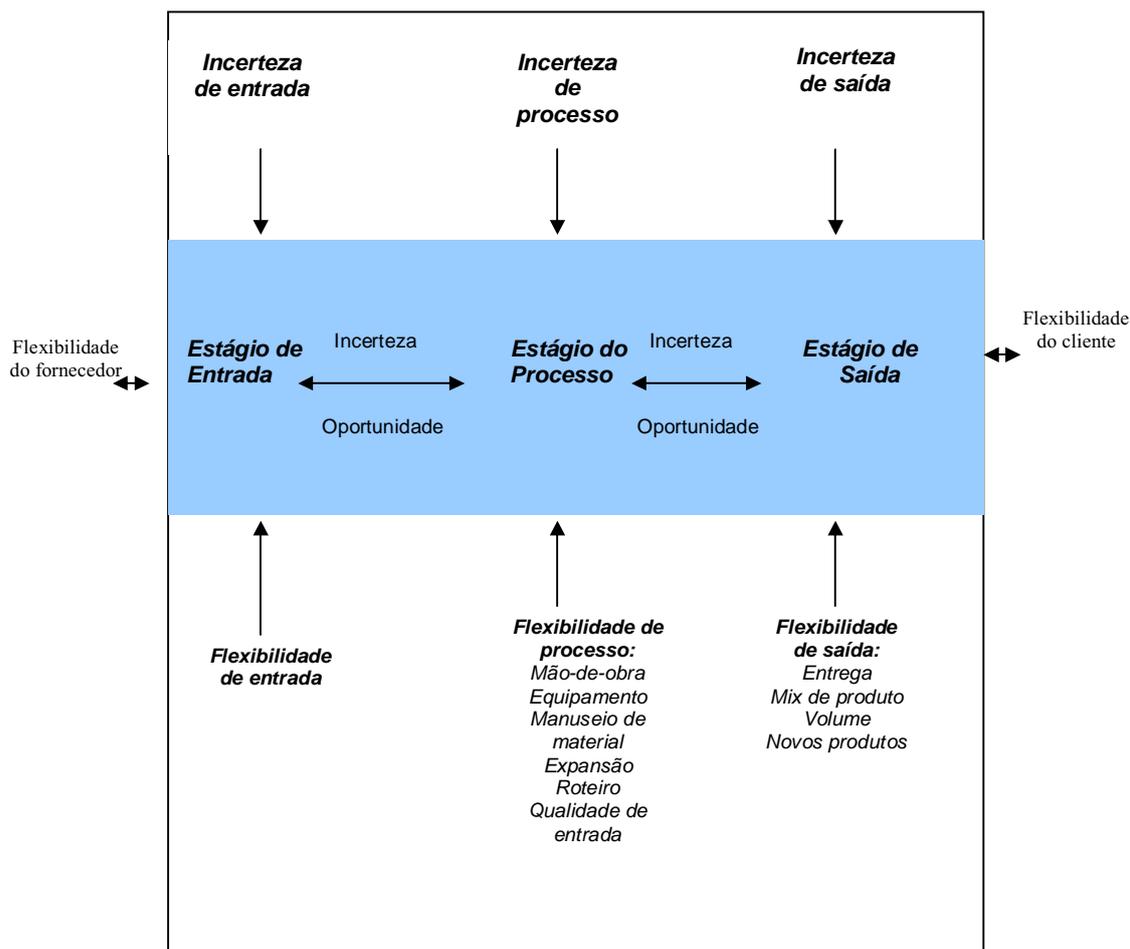


Figura 58: Modelo de transformação da flexibilidade  
Fonte: Sawhney (2005)

Os processos são compostos de equipamentos (de processamento e movimentação de materiais), pessoas (trabalhadores diretos e indiretos) e infraestrutura (ativos fixos e permanentes e de tecnologia da informação). De acordo com Sawhney (2005), além de proporcionar uma fonte potencial de flexibilidade, cada um destes componentes está sujeito a imprevistos. Uma abordagem para garantir que as incertezas de processo não se traduzem em atraso, perda, ou falha na entregas tem sido

a manutenção de grandes inventários e material em processo (WIP – *Work in Process*), o que, como observado anteriormente, impacta os custos totais da cadeia.

Tal como em todos os segmentos da cadeia de abastecimento, há muitas formas de insegurança e de flexibilidade associados à fase de saída. A incerteza pode surgir a partir de uma mudança nas expectativas dos clientes resultantes de variações no poder de compra, ações dos concorrentes, publicidade e ações governamentais. A demanda atual pode variar significativamente a partir da previsão da procura em termos de quantidade, calendário e especificações de produtos. Estas incertezas podem ser combatidas por meio da incorporação flexibilidade para a gama de produtos, os prazos de entrega, volume e oferta de novos produtos (SAWHNEY, 2005). O autor em questão defende que, como alternativa, os clientes podem representar uma fonte de flexibilidade; informação adequada e antecipada por parte destes para seus parceiros (por exemplo, via VMI – *Vendor Managed Inventory* e EDI – *Electronic Datainterchange*) permite-lhes mais tempo para reagir, resultando na melhoria da resposta do sistema.

Pelo modelo de Sawhney (2005), as fontes de flexibilidade em cada fase podem ser usadas concomitantemente em busca de oportunidades e responder às incertezas associadas a essa fase. A flexibilidade disponível em uma fase pode ser transferida para fases adjacentes, a montante e/ou a jusante, a fim de proporcionar oportunidade contra a incerteza, caracterizando, segundo o autor, uma utilização proativa de criar oportunidades e reativa de lidar com incertezas.

Para finalizar essa seção, aborda-se o modelo desenvolvido por Kayis & Kara (2005), utilizado para mensuração da flexibilidade que liga fatores e contribuições relacionados aos fornecedores e clientes, como pode ser observado na Figura 59.

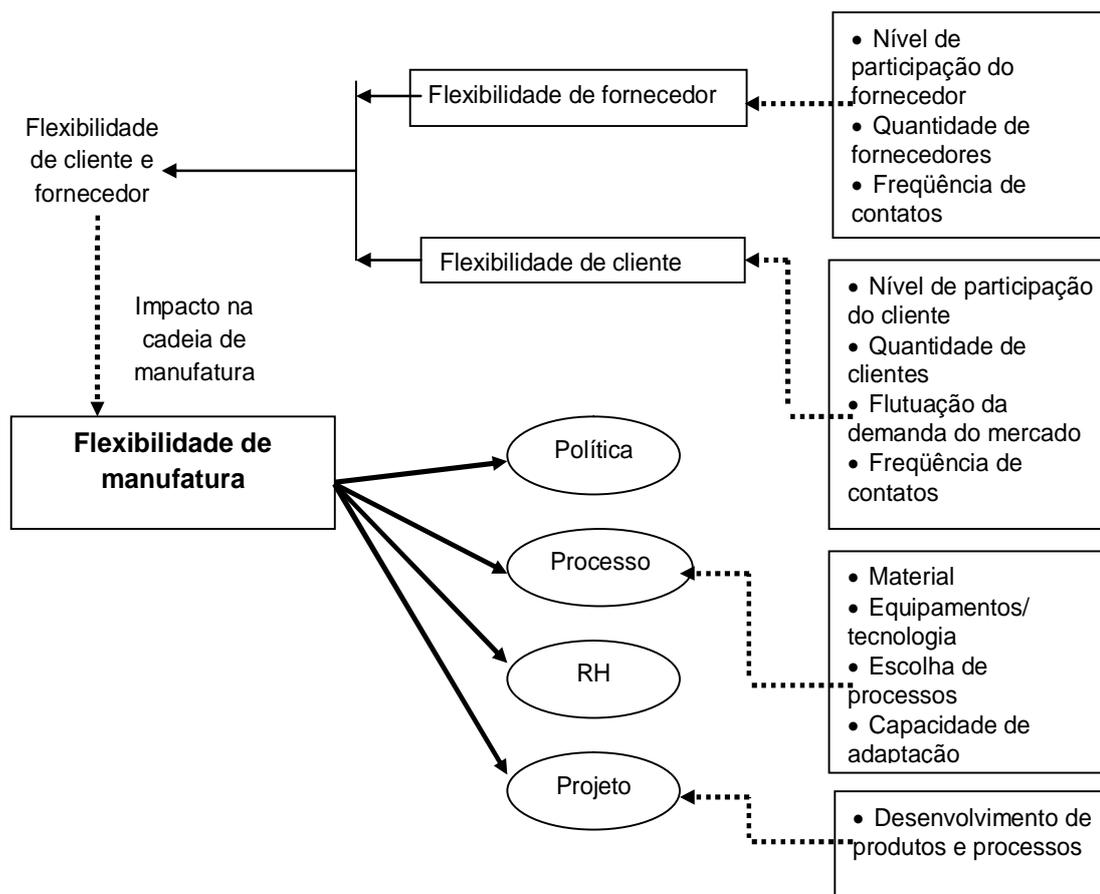


Figura 59: Modelo de avaliação de flexibilidade  
Fonte: Kayis & Kara (2005)

## 5.5. FLEXIBILIDADE EM MANUFATURA E A ESTRATÉGIA EMPRESARIAL

A literatura tem sugerido a relação teórica entre a flexibilidade em manufatura e estratégia (GUSTAVSSON, 1984; SWAMIDASS & NEWELL, 1987; GUPTA & BUZACOTT, 1989; GERWIN, 1993; SUAREZ *et al*, 1995, 1996; BEACH *et al.*, 2000; CHANG *et al.*, 2003), em especial, a identificação dos fatores ambientais e organizacionais que afetam a estratégia ao longo do tempo, ou seja, seu encaixe, correspondência ou congruência com o ambiente organizacional ou contingências enfrentadas pela empresa (GINSBERG & VENKATRAMAN, 1985 e PAGELL & KRAUSE, 1999; 2004).

O estudo de Slack (2005) mostra que os gestores compreendiam a flexibilidade como um meio para alcançar resultados. Van Wezel *et al.* (2006) concluíram que a

flexibilidade não é definida somente por características de processos produtivos, mas também nos procedimentos organizacionais para planejamento dos processos.

Koste & Malhotra (1999) defendem que a flexibilidade seria a combinação de fatores como características físicas, políticas operacionais e práticas gerenciais. Tal conceito está alinhado com o estudo de Swamidass & Newell (1987), segundo os quais o conteúdo da estratégia de manufatura incorporaria as dimensões de custos, qualidade, dependência (referente a sistemas de planejamento, controle, políticas de inventário, gerenciamento de fornecedores e capacidade, etc.) e flexibilidade. Esta teria variáveis como economia de escala, tempo de *setup*, tecnologia, sistemas de informação, *Just-in-time*, etc.

Gerwin (1993) sugere que o uso de flexibilidade pode ser representado por quatro estratégias genéricas:

- Adaptativa (por exemplo, uso defensivo ou reativo da flexibilidade para acomodar incertezas);
- Redefinição (por exemplo, a utilização proativa de flexibilidade para aumentar as expectativas dos clientes, aumentar a incerteza dos seus rivais e ganhar vantagem competitiva);
- Reservas (por exemplo, o uso defensivo de flexibilidade para acomodar tipos de incerteza conhecida como picos de demanda, ou, alternativamente, a utilização proativa de excedentes de flexibilidade para redefinir as condições competitivas); e
- Redução (por exemplo, a utilização de contratos de longo prazo com os clientes e fornecedores, manutenção preventiva, programas de qualidade total).

No estudo de Slack (2005), constatou-se que as empresas lidam de forma pragmática com a flexibilidade, buscando reduzir sua necessidade, por meio da tentativa de estabilização da flutuação de demanda, desencorajando constantes mudanças de produtos, adotando projeto modular de produtos, gerando estoques ao invés de acompanhar variações de demanda, etc. Gerwin (1993) apresentou métodos para lidar com a incerteza, como pode ser visto no Quadro 16.

Quadro 16: Lidando com a incerteza

Natureza da incerteza	Método de redução da incerteza	Método de adaptação
Aceitação do mercado aos tipos de produto	Contratos de longa duração com clientes	Curtos tempos de <i>setup</i>
Duração do ciclo de vida do produto	Práticas de sobrevivência	Menos ferramental e maior integração na cadeia
Características específicas do produto	Times multifuncionais de projeto	Máquinas CNC
Demanda agregada do produto	Alavancagem de demanda	Alta capacidade e terceirização
Parada de máquina	Manutenção preventiva	Equipamentos redundantes
Características do material	Qualidade total	Monitoramento automático, percepção humana
Mudanças nas incertezas acima	Larga escala	Equipamento reconfigurável

Fonte: Gerwin (1993)

Vokurka & O’Leary-Kelly (2000) desenvolveram um modelo que mostra como quatro variáveis exógenas – estratégia, fatores ambientais, atributos organizacionais e tecnologia – , afetam as decisões da companhia na escolha e adoção da flexibilidade, a qual tem efeito sobre o desempenho da empresa, como pode ser visto na Figura 60.

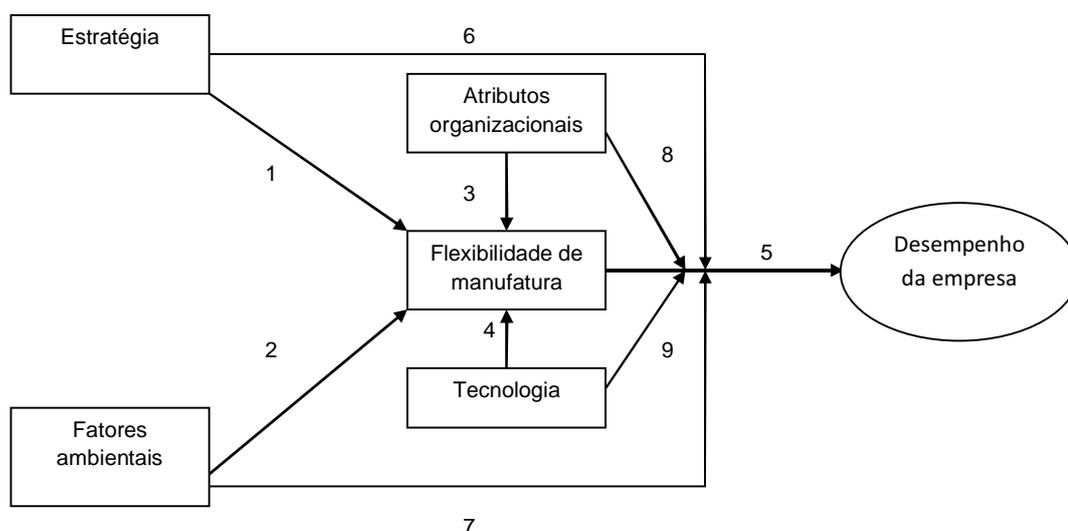


Figura 60: Variáveis exógenas e escolha da flexibilidade  
 Fonte: Vokurka & O’Leary-Kelly (2000)

Hutchison & Das (2007) utilizaram tal modelo, constatando que o mesmo é robusto e serve de base para a definição estratégica na análise da implementação da flexibilidade em manufatura.

Olhando sob o foco econômico, um sistema é flexível se tiver custos fixos relativamente elevados, a fim de ter custos variáveis relativamente baixos (GUSTAVSSON, 1984). O autor resgata o conceito de ponto de equilíbrio para

identificação do ponto ótimo de flexibilidade: segundo o autor, como a tendência das incertezas seria declinante com o aumento da flexibilidade e, por outro lado, o investimento necessário associado a determinado nível de flexibilidade seria representado por uma linha ascendente, haveria um ponto de equilíbrio que seria o ponto ótimo de flexibilidade a ser implementada na organização. O autor defende, no entanto, que o sistema produtivo que contém capacidade de ser flexível, deve ser adequado para permitir o aumento da eficiência com o aumento da flexibilidade.

Kara & Kayis (2004) compilaram conclusões que corroboram com tais conceitos. Segundo os autores, a flexibilidade de expansão pode ser obtida por:

- Investimento incremental em pequenas unidades de produção;
- Células de manufatura modulares; e
- Centros de usinagem e sistemas de manuseio de material multiuso (ao contrário de sistemas dedicados).

Embora seja um modelo bastante simplificado, uma importante implicação é que sistemas com alto grau de automação serão mais flexíveis do que sistemas com grande utilização de recursos humanos, principalmente pela existência de variações da mão-de-obra, as quais podem ocorrer por absenteísmo (o qual poderia ser remediado com excesso de capacidade) e/ou por inadequação para novos processos produtivos, o que levaria à necessidade de programas de desenvolvimento e aperfeiçoamento dos empregados multifuncionais (KARA & KAYIS, 2004). Paradoxalmente, o estudo de Suarez *et al.* (1996) indicou que, ao menos na área de produção de placas de circuito impresso, que foi o foco do citado estudo, as fábricas mais automatizadas eram menos flexíveis, apesar dos equipamentos serem programáveis.

O estudo de Nordahl & Nilsson (1996) mostrou que há a percepção dos gestores de que a mão-de-obra tem grande importância na obtenção da flexibilidade. Adler *et al.* (1999) sugeriram que as empresas poderiam reduzir o impacto da implantação da flexibilidade por meio do investimento na capacidade dos empregados serem flexíveis e eficientes, com táticas como:

- Tarefas inovadoras;
- Enriquecimento do trabalho por adição de tarefas não rotineiras;

- Troca ou divisão do tempo do empregado entre as tarefas que exijam eficiência e tarefas que exigem flexibilidade; e
- Partição ou criação de subunidades na organização, especializadas tanto em tarefas rotineiras como não-rotineiras.

Suarez *et al.* (1996) afirmaram que fatores não tecnológicos, como, por exemplo, o envolvimento dos empregados na resolução de problemas, relações estreitas com fornecedores e remuneração flexível contribuem para o aumento da flexibilidade de *mix*, volume e novos produtos. O estudo de Nordahl & Nilsson (1996) apontou, na percepção dos gestores pesquisados, que o tempo de *setup* e máquinas multiuso eram os principais fatores para a flexibilidade. Mas a estes se seguiam mão-de-obra multifunção e sua mobilidade. Curiosamente, o mesmo estudo indicou que, na percepção dos gestores, o fator humano era o de maior importância no tempo de *setup*.

Von Ungern-Sternberg (1990) construiu um modelo econômico da escolha feita por uma empresa entre a capacidade flexível (capaz de produzir dois produtos, mas a um custo mais elevado) e capacidade inflexível (capaz de produzir apenas um produto, mas a um baixo custo), demonstrando que, nas condições de demanda incerta e concorrência perfeita, o equilíbrio de mercado será sempre caracterizado por uma variedade de diferentes empresas (com diferentes graus de flexibilidade) coexistindo no mercado.

De acordo com Vokurka & O'Leary-Kelly (2000), o aumento da flexibilidade em manufatura por si só não irá necessariamente aumentar o desempenho da empresa, o qual dependerá do grau em que a flexibilidade complementa os fatores ambientais da empresa, estratégia, atributos organizacionais e tecnologia. Mais do que isso, como salientado por Lloréns *et al.* (2005), o superinvestimento em flexibilidade pode levar a uma diminuição no desempenho das empresas.

Investimentos em flexibilidade são altos e, algumas vezes causam ruptura na rotina das empresas (PAGELL & KRAUSE, 2004; KARA & KAYIS, 2004; DE TREVILLE *et al.* (2007); HUTCHISON & DAS, 2007). Pesquisas têm indicado muitos exemplos em que os investimentos em equipamento de produção flexíveis e/ou sistemas têm sido bastante inadequados (HILL & CHAMBERS, 1991). Correa (1994)

destaca o alto custo para alcançar a flexibilidade, havendo necessidade de pautar as decisões por meio da compreensão dos mecanismos envolvidos na criação e manutenção da flexibilidade e controle sobre mudanças não previstas, ainda que o estudo de Suarez *et al.* (1996) tenha mostrado que a obtenção de flexibilidade de *mix* e novos produtos não tenham impactos de custo ou qualidade.

De Treville *et al.* (2007) expuseram que a forma como a flexibilização é valorizada na organização vai ter efeito substancial sobre o nível de flexibilidade escolhida e na implementação. Os autores concluíram que a capacidade flexível deve ser adquirida quando o valor esperado de seu melhor uso for superior ao custo. Além disso, defendem que, se pensada de forma passiva, pode haver sub-valorização desta (por exemplo, como árvores de decisão). Os autores inferem que a atividade de prospecção do mercado que ocorre na empresa vai definir sua estratégia de atuação quanto à flexibilidade: se fazem isso ativamente, vão tender a buscar a redução da volatilidade (incerteza); enquanto se tem percepção de maior dificuldade de interpretar os sinais de mercado para chegar a conclusões firmes, buscarão explorar a volatilidade, adotando estratégias de se estruturar para lidar com ela.

Já as empresas que atuam passivamente quanto aos sinais de mercado, buscarão estratégias mais generalistas, atuando de forma parcial. Em outras palavras, a atividade em varredura e de interpretação do ambiente determina a escolha da empresa relativa à volatilidade (explorar, controlar/reduzir, ou não definir estratégia), sendo essa relação moderada pela percepção de ser possível ou não analisar o ambiente, como pode ser observado na Figura 61.

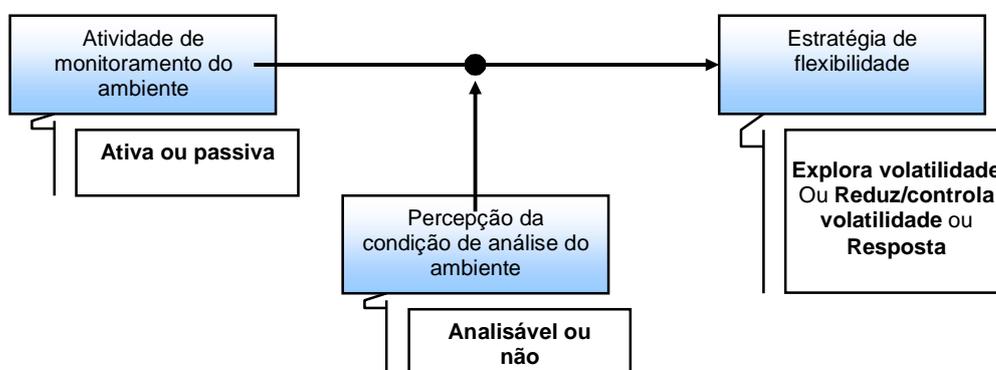


Figura 61: Relação entre atividade de monitoramento e escolha da estratégia de flexibilidade  
Fonte: De Treville *et al.* (2007)

Gupta & Buzacott (1989) já haviam relatado esta preocupação com a identificação do valor da flexibilidade e a atuação e percepção gerencial na estrutura dos sistemas de manufatura. É de De Treville *et al.* (2007) o modelo que relaciona as estratégias de flexibilidade com os resultados gerados, sendo esta relação moderada pela consistência de processo e investimentos na redução do tempo nas operações e por toda a cadeia de suprimento, como pode ser observado na Figura 62.

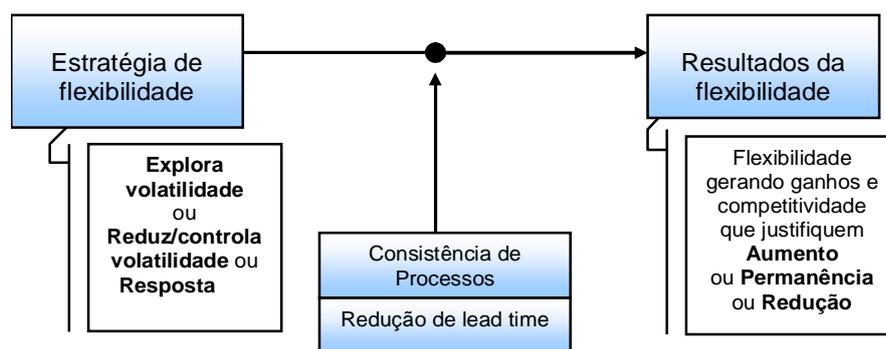


Figura 62: Relação entre estratégias de flexibilidade e resultados  
Fonte: De Treville *et al.* (2007)

O estudo de Lloréns *et al.* (2005) indicou situações em que a necessidade de mudança na estratégia se fazia presente, mas empresas não respondiam adequadamente, seja por inabilidade para execução, falta de vontade para mudar ou por desconhecer a necessidade de mudança. Em outras ocasiões, as organizações se confrontavam com situações que não exigiam mudanças, mas optavam por implementá-las ainda assim, o que era também prejudicial ao desempenho, por comprometer recursos e competências. Correa (1994) ressalta a lacuna existente na identificação de qual flexibilidade se adéqua melhor às diferentes situações e como pode ser atingida.

Lloréns *et al.* (2005) discutem, então, a importância da flexibilidade organizacional em ambientes em rápida mutação ou ambientes incertos, ressaltando, no entanto que, em condições de baixa intensidade competitiva, os investimentos em recursos flexíveis e em opções estratégicas não são úteis, porque é menos provável que a organização enfrente circunstâncias que exijam utilização desses recursos. Em contrapartida, em ambientes altamente competitivos, a flexibilidade de manufatura é um ativo valioso. O desafio da gestão estratégica é enfrentar a mudança usando

flexibilidade e adaptação constante a fim de chegar a um ajuste entre a empresa e o seu ambiente (SWAMIDASS & NEWELL, 1987; LLORÉNS *et al.*, 2005), sendo o ajuste um estado temporário, enquanto a flexibilidade seria uma característica permanente da empresa.

Lloréns *et al.* (2005) citam Bengtsson (2001) para delinear o valor da flexibilidade de manufatura em três níveis:

- Básico - flexibilidade de máquinas, sistema de manuseio de materiais e de operações;
- De sistema - flexibilidade de todo o sistema de manufatura, o qual depende dos tipos de flexibilidade básicos: processo, produto, encaminhamento, volume e expansão flexibilidade para expansão; e
- Agregado - flexibilidade no nível da fábrica, quais sejam: de programas, de produção e de mercado.

Lloréns *et al.* (2005) citam que a flexibilidade de manufatura pode estar ligada ao desenvolvimento de competências organizacionais que habilitam o gerenciamento das opções estratégicas de respostas reativas ou proativas às demandas do ambiente. Uma empresa pode ser menos flexível, mas continua a ser mais eficiente, porque essa configuração é o que o ambiente em que ela opera exige. Pelo contrário, uma empresa pode ser muito flexível, mas sofre de excesso de flexibilidade no que diz respeito às exigências do ambiente. Assim, uma organização flexível eficiente é aquela que se adapta às necessidades do ambiente.

A flexibilidade de manufatura pode então ser medida, num determinado momento, comparando o que o ambiente necessita e o que a empresa está oferecendo. Ou, numa abordagem alternativa, a capacidade da empresa acompanhar as mudanças nos requisitos ambientais (LLORÉNS *et al.*, 2005). Em ambos os casos, tratam-se de estudos longitudinais, executados ao longo do tempo. Upton (1994) considerou em seu modelo, a percepção dos gestores de que as respostas às variações seriam assuntos de curto prazo, em comparação com a gama de flexibilidade como sendo de longo prazo, como pode ser observado na Figura 63.

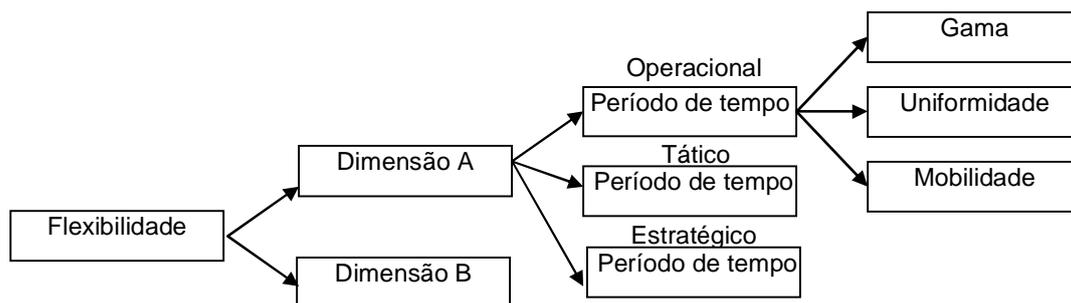


Figura 63: Flexibilidade e respostas  
Fonte: Upton (1994)

Tal modelo, que identifica os aspectos estratégico, tático e operacional encontra paralelos com a classificação defendida por Gustavsson (1984).

Como as mudanças estratégicas em uma organização são provocadas por uma série de comportamentos e ações, a competência da organização e seus comportamentos estratégicos efetivos e estruturas organizacionais são fundamentais para o crescimento e sobrevivência da empresa (CHANDLER<sup>12</sup>, 1990, *apud* LLORÉNS *et al.*, 2005, p. 277 ).

Slack (2005) constatou em sua pesquisa em dez diferentes empresas que a maior parte dos gestores entrevistados focou mais sobre a flexibilidade aplicada aos recursos individuais de fabricação, em oposição à flexibilidade do sistema de produção como um todo.

Em geral, o grande problema com esta abordagem é que ela faz projeções relativas à organização e sua capacidade para lidar com a mudança baseada unicamente na capacidade alguns itens, dando pouca atenção para a interligação entre os elementos dentro da organização, além de haver o risco de baixa flexibilidade por falhas no controle da operação (SCALA *et al.*, 2006). A falta de consistência de processo pode causar resultados ruins de flexibilidade, mesmo em uma situação em que a iniciativa de flexibilidade é adequada às exigências competitivas (DE TREVILLE *et al.*, 2007).

Resolver os paradoxos que surgem no âmbito da flexibilidade de manufatura quando a empresa se encontra em um ambiente cada vez mais competitivo, dinâmico,

<sup>12</sup> CHANDLER, A.D. **Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism**. Belknap Press, Cambridge, MA, 1990 *apud* LLORÉNS, F. J.; MOLINA, L. M. & VERDU, A. J. **Flexibility of manufacturing systems, strategic change and performance**. International Journal of Production Economics, v. 98, 2005, pp. 273–289.

complexo e imprevisível, implica que a empresa tenha uma maior capacidade de aprendizagem (LLORENS *et al.*, 2005). O estudo de Chang *et al.* (2007) indicou que autonomia (habilidade e desejo de ser autodirecionado na busca de oportunidades), inovação, competitividade, agressividade competitiva, aceitação de riscos e proatividade têm efeitos positivos significativos na flexibilidade de novos produtos, de *mix* e de volume.

Scala *et al.* (2006) defendem que um modelo conceitual para flexibilidade da empresa deverá:

- Ter uma abordagem holística, voltada ao desempenho do sistema organizacional, uma vez que as capacidades dos componentes podem ser indicadores fracos, quando olhados isoladamente;
- Tratar elementos humanos e não humanos em termos compatíveis, uma vez que as organizações modernas são sistemas sócio-técnicos;
- Captar a interação dinâmica entre os subsistemas;
- Ser aplicável em diferentes circunstâncias; e
- Elucidar métodos para obtenção e/ou melhoria da flexibilidade.

Os estudos de Lloréns *et al.* (2005) mostraram que o atual cenário de hiper-competição tem levado as empresas a aumentar sua capacidade de aprender e, conseqüentemente, as tornaram mais flexíveis, reduzindo as lacunas quanto às necessidades ambientais e melhorando seu desempenho. Se o ambiente é estável e relativamente pouco competitivo, o desenvolvimento da capacidade de aprendizagem é geralmente dificultado, uma vez que existem poucos incentivos para aprender e para mudar comportamentos estabelecidos.

Segundo esses últimos autores, quando esse ambiente deixa de ser estável, é quando começa a florescer a capacidade de aprendizagem, porque uma certa quantidade de estresse, devido, por exemplo, a uma maior concorrência, é necessária para a aprendizagem ocorrer.

## 5.6. FLEXIBILIDADE EM MANUFATURA E DESEMPENHO EMPRESARIAL

A pesquisa bibliográfica de Narasimhan *et al.* (2004) identificou os seguintes aspectos quanto à relação entre flexibilidade em manufatura e desempenho empresarial:

- Pequena correlação positiva entre variedade de produtos (o *mix*, característico indicador de flexibilidade) e reduções nos custos de produção;
- Correlação positiva entre flexibilidade de produto e confiabilidade na entrega nas fábricas;
- Não há indícios de qualquer aspecto negativo no *mix* e flexibilidade de novos produtos sobre custos de manufatura e qualidade;
- Plantas com alta flexibilidade de *mix* têm ciclos de desenvolvimento (*design-to-manufacturing*) mais curtos;
- Empresas de manufatura que atuam em ambiente de rápidas mudanças e do uso da flexibilidade.

Segundo Narasimhan *et al.* (2004), o sucesso ocorreria pela capacidade das empresas responderem rapidamente e de forma integrada às mudanças ocorridas no meio em que atuam. Os autores desenvolveram um modelo conceitual que prevê diferentes dimensões de flexibilidade em escala hierárquica de dois estágios, relacionando no primeiro deles à competência em flexibilidade da organização, ou seja:

- A habilidade dos fornecedores em modificar produtos para atender necessidades (SAMP);
- A capacidade de resposta dos fornecedores para alterar entregas (SRDC);
- A capacidade de resposta dos fornecedores para alterar volumes (SRVC);
- Assistência do fornecedor no projeto do produto e inovação (SAPRDI);
- Assistência do fornecedor no desenvolvimento de processo e inovação (SAPCDI);
- Uso e manufatura celular (CM);

- Uso de automação na Planta (FA);
- Uso de tecnologia de grupo (GT);
- Uso de CAD/CAM (CAD/CAM);
- Uso de sistema de produção *Lean*; e
- Uso de sistemas integrados, sistemas flexíveis de manufatura (FMS)

Nas seguintes medidas de flexibilidade:

- Flexibilidade de novos produtos (NPDFLX), definida como a capacidade do sistema de manufatura de introduzir e produzir novos componentes e produtos, utilizando a estrutura existente;
- Flexibilidade de volume (VOLFLX), a qual descreve a capacidade de uma fábrica para operar economicamente durante em diferentes volumes de produção;
- Flexibilidade de modificação (MODFLX), que se refere à facilidade de introduzir pequenas alterações na concepção de produtos para atender aos pedidos de personalização ou diferenciação; e
- Flexibilidade de equipamentos (EQPFLX), definida como a capacidade do equipamento para realizar operações diferentes dentro de rigorosos limites (restrições) de prazos e custos. Tal flexibilidade permite reduções de tamanho de lote de tamanho, ociosidade de máquinas e inventário, além de melhoria nos prazos e qualidade dos produtos.

A competência em flexibilidade da organização tem influência das práticas e da configuração da cadeia de suprimento e influencia a capacidade operacional da empresa, sendo, segundo os autores, a explicação de como algumas organizações conseguem alto nível de flexibilidade com baixos níveis de investimento.

O segundo estágio do modelo introduz o conceito de competência em execução, que é a habilidade da empresa em converter sua capacidade de flexibilidade em firme nível de desempenho competitivo, estando relacionado às práticas de integração com o mercado e consumidores. Ou seja, segundo Narasimhan *et al.* (2004), além de investir no domínio da tecnologia avançada de manufatura e iniciativas estratégicas, as

empresas deverão considerar ações e programas destinados ao desenvolvimento e reforço das competências essenciais destas dimensões, as quais podem resultar em vantagens competitivas inimitáveis, garantindo a sustentabilidade.

Esses autores especulam que tais ações possam residir em mecanismos das empresas para criar, coletar e disseminar conhecimento, incluindo iniciativas de aprendizado, sistemas de informações, programas de acesso, codificação e armazenamento de conhecimento, além de parcerias na cadeia de valor.

Este estágio prevê que as medidas de flexibilidade de novos produtos (NPDFLX), de volume (VOLFLX), de modificação (MODFLX) e de equipamentos (EQPFLX) – ou seja, as medidas de flexibilidade geradas no estágio 1 – possam, em maior ou menor grau, gerar novas medidas de desempenho, quais sejam:

- CPRO - custo de produção em relação aos principais concorrentes;
- DPER - desempenho das entregas em relação aos principais concorrentes;
- CUST - atendimento aos pedidos de personalização em relação aos principais concorrentes; e
- PINN - inovação de processos em relação aos principais concorrentes.

A representação gráfica do modelo de Narasimhan *et al.* (2004) pode ser visto na Figura 64.

Gerwin (1993, 2005), por sua vez, fornece um modelo que relaciona flexibilidades específicas a certos tipos específicos de incertezas externas e operacionais, como pode ser observado na Figura 65.

No modelo, a competência em flexibilidade será moderadora na relação entre os métodos para obter a flexibilidade e a necessária flexibilidade de manufatura.

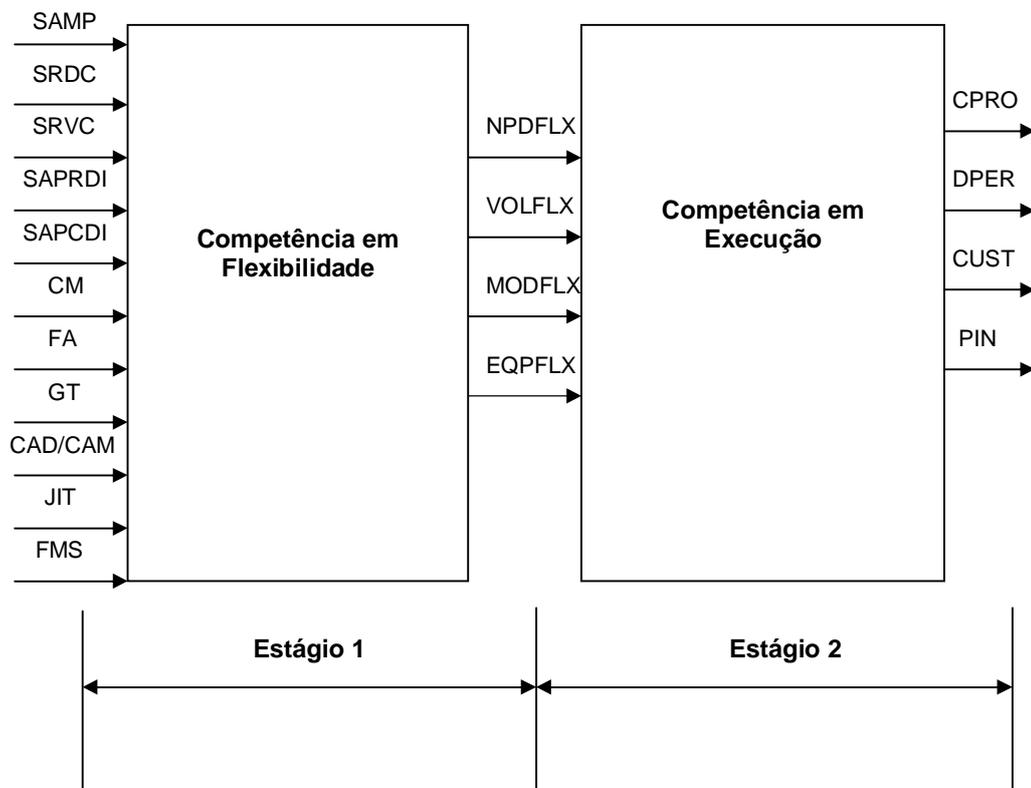


Figura 64: Modelo conceitual de competências em flexibilidade e execução e suas inter-relações  
 Fonte: Narasimhan *et al.* (2004)

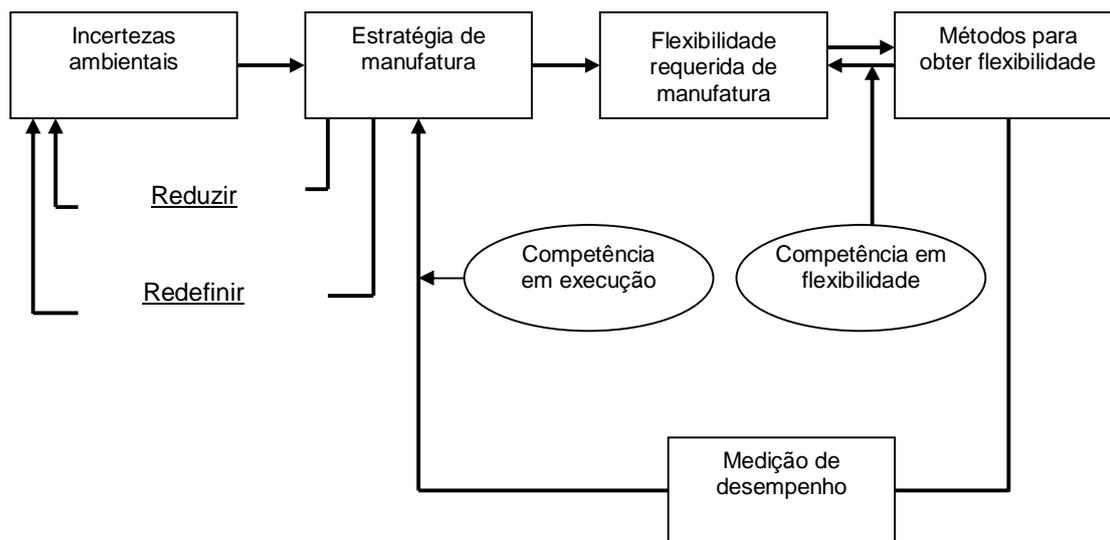


Figura 65: Modelo conceitual para incertezas, flexibilidades e estratégias  
 Fonte: Gerwin (1993)

Na tentativa de explicar como algumas organizações conseguem mais eficiente e eficazmente tornar as flexibilidades em vantagens competitivas, Narasimhan *et al.* (2004) propõem a utilização de um modelo que utilize as competências de flexibilidade e execução como elementos moderadores das relações de causa e efeito entre os investimentos de manufatura e os resultados obtidos, visando estabelecer teoria para identificar o ponto ótimo para investimentos, conforme mostra a Figura 66.

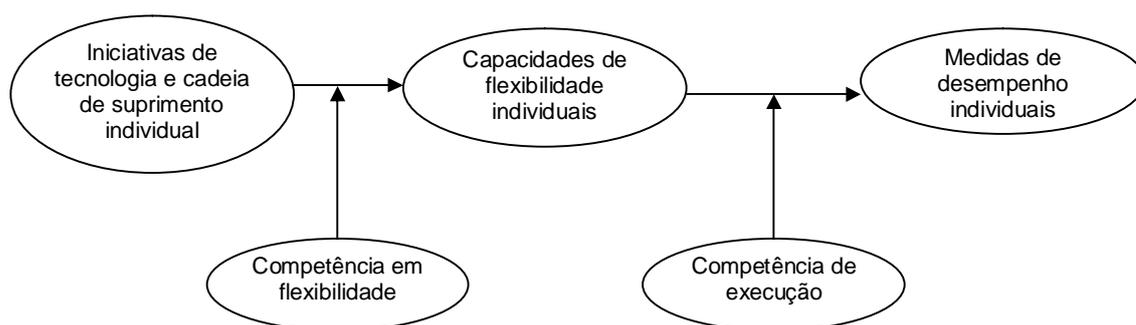


Figura 66: Modelo proposto para estudo da moderação das competências  
Fonte: Narasimhan *et al.* (2004)

Dentro dessa mesma temática, Oke (2005) propôs um modelo para obter flexibilidade de um sistema, compreendendo fatores fundamentais, compartilhados e genéricos. O modelo apresenta também fontes indiretas (meios externos para obter flexibilidade de fontes externas) e alternativas à flexibilidade, utilizados para reduzir a necessidade de flexibilidade interna. O citado modelo é apresentado na Figura 67.

O modelo de Oke (2005) encontra paralelos com o estudo de Schmenner & Tatikonda (2005). Segundo os autores, as fábricas estão hoje mais flexíveis do que nunca, alcançando novas formas de flexibilidade, incluindo uma ampla variedade de produto (flexibilidade de modificação), local de produção (flexibilidade de volume) e rápida introdução de novos produtos (flexibilidade de modificação).

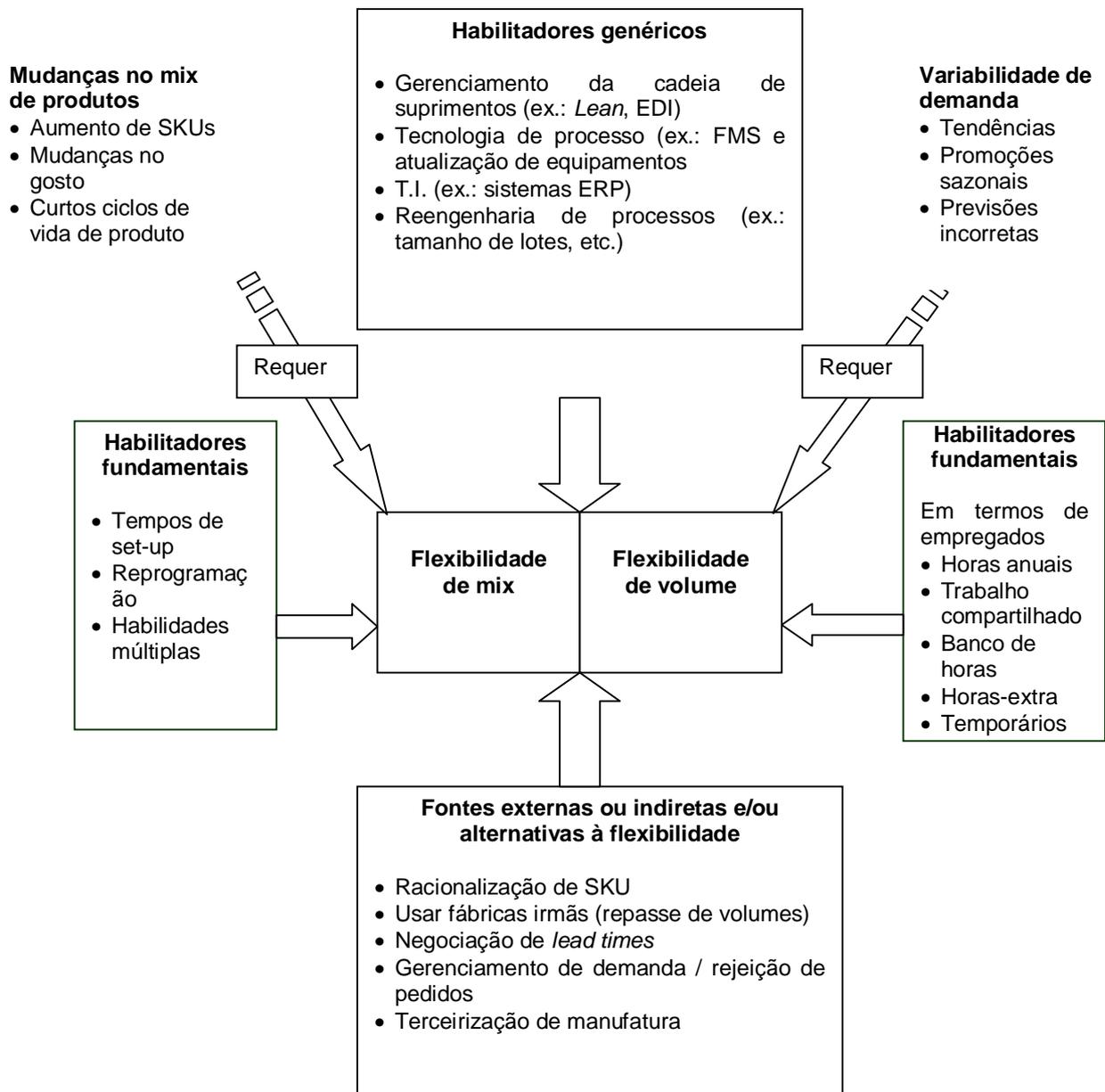


Figura 67: Modelo para flexibilidade do sistema  
Fonte: Oke (2005)

Schmenner & Tatikonda (2005) deram atenção especial ao aspecto da concepção dos produtos para a flexibilidade, sendo a tônica ao longo dos últimos 20 anos o processo de desenvolvimento de produtos que permitam fabricar produtos de grande variedade rapidamente. Termos como produtos modulares, plataforma e produtos derivados e customização em massa são termos cada vez mais comuns.

Um desenho adequado de produto permite a existência de linhas de montagem

que podem lidar com múltiplos produtos em ordem quase aleatória. Junto aos rápidos ciclos de desenvolvimento de produtos têm-se reduzido as incertezas de muitas maneiras: a variedade leva a uma maior flexibilidade de *mix*, mudança e modificação, ao mesmo tempo em que a facilidade de manufatura leva a maior flexibilidade de roteirização, volume, material e seqüenciamento. Protótipos podem ser desenvolvidos agilmente e a informação daí resultante pode ser incorporada no produto, reduzindo o risco de sua obsolescência. Processos de desenvolvimento rápidos e maleáveis surgem por meio da engenharia simultânea e de outras abordagens organizacionais multifuncionais.

Desta forma, estes últimos autores concluem que o desenvolvimento mais rápido de todos os ciclos auxilia a todos os tipos de flexibilidade, mas, sobretudo flexibilidade de *mix*, mudança, modificação e volume.

## 5.7. IMPLEMENTAÇÃO DA FLEXIBILIDADE EM MANUFATURA E SEUS INDICADORES

De acordo com Boyle (2006), a implementação da flexibilidade em manufatura é uma tarefa complexa devido principalmente à natureza multidimensional e da falta de um sistema de medidas robusto e amplamente aceito.

Como resultado de sua natureza multidimensional, a flexibilidade não é genérica e não pode simplesmente ser comprada, “instalada” e esquecida. Ao contrário, deve ser cuidadosamente justificada, planejada e gerida de forma a ser bem sucedida na sua implementação e gerar os resultados esperados; conceito esse corroborado por Beach *et al.* (2000).

Suarez, Cusumano & Fine (1996) listaram seis fatores que afetam a implementação da flexibilidade, quais sejam:

- Tecnologia da produção;
- Técnicas de gerenciamento da produção;
- Relacionamento com subcontratados, fornecedores e distribuidores;
- Treinamento e habilidades da força de trabalho, segurança no emprego e políticas de compensação;

- Projeto do produto; e
- Contabilidade e sistema de informações.

Koste & Malhotra (2000) exemplificam indicadores de desempenho que estariam relacionados à flexibilidade, como eficiência, produtividade, qualidade, tempo e custo de processo, custo de produto, etc.

Para atingir flexibilidade em manufatura, Slack (1987), recomenda uma abordagem em três fases:

- 1) Definir requisitos de flexibilidade, entendendo a estratégia competitiva da organização;
- 2) Realizar auditoria de flexibilidade, para determinar a capacidade do sistema atual em termos de gama e velocidade (ou seja, tempo para fazer as mudanças exigidas); e
- 3) Desenvolver programa de ação para reduzir a lacuna existente entre a flexibilidade necessária e as capacidades atuais.

Olhager & West (2002), propuseram uma "Casa de Flexibilidade" (Figura 68), cuja abordagem é baseada na Casa da Qualidade, desenvolvida para auxiliar as empresas a desdobrar as demandas de mercado quanto à flexibilidade em competências para a flexibilidade, identificando os impactos e oportunidades existentes.

De acordo com Boyle (2006), Suarez *et al.* (1995) estabeleceram basicamente as mesmas fases que Slack (1987), sendo a primeira voltada a identificar tipos e níveis de flexibilidade necessária para enfrentar adequadamente a incerteza, seguida da fase de implementação na qual se atua em diferentes fontes, tais como Contabilidade, sistemas de informação, processo de desenvolvimento de produto, políticas do trabalho, a formação dos trabalhadores e das competências, relacionamento com fornecedores e distribuidores, técnicas de gestão da produção e tecnologia da produção. Em seguida, os gestores comparam a configuração necessária de flexibilidade, tal como identificada na fase um, com a configuração real de flexibilidade, tal como implementada na fase seguinte. As lacunas identificadas são

então analisadas por meio de um mecanismo de *feedback*, e os fatores fonte de flexibilidade são reexaminados e adaptados.

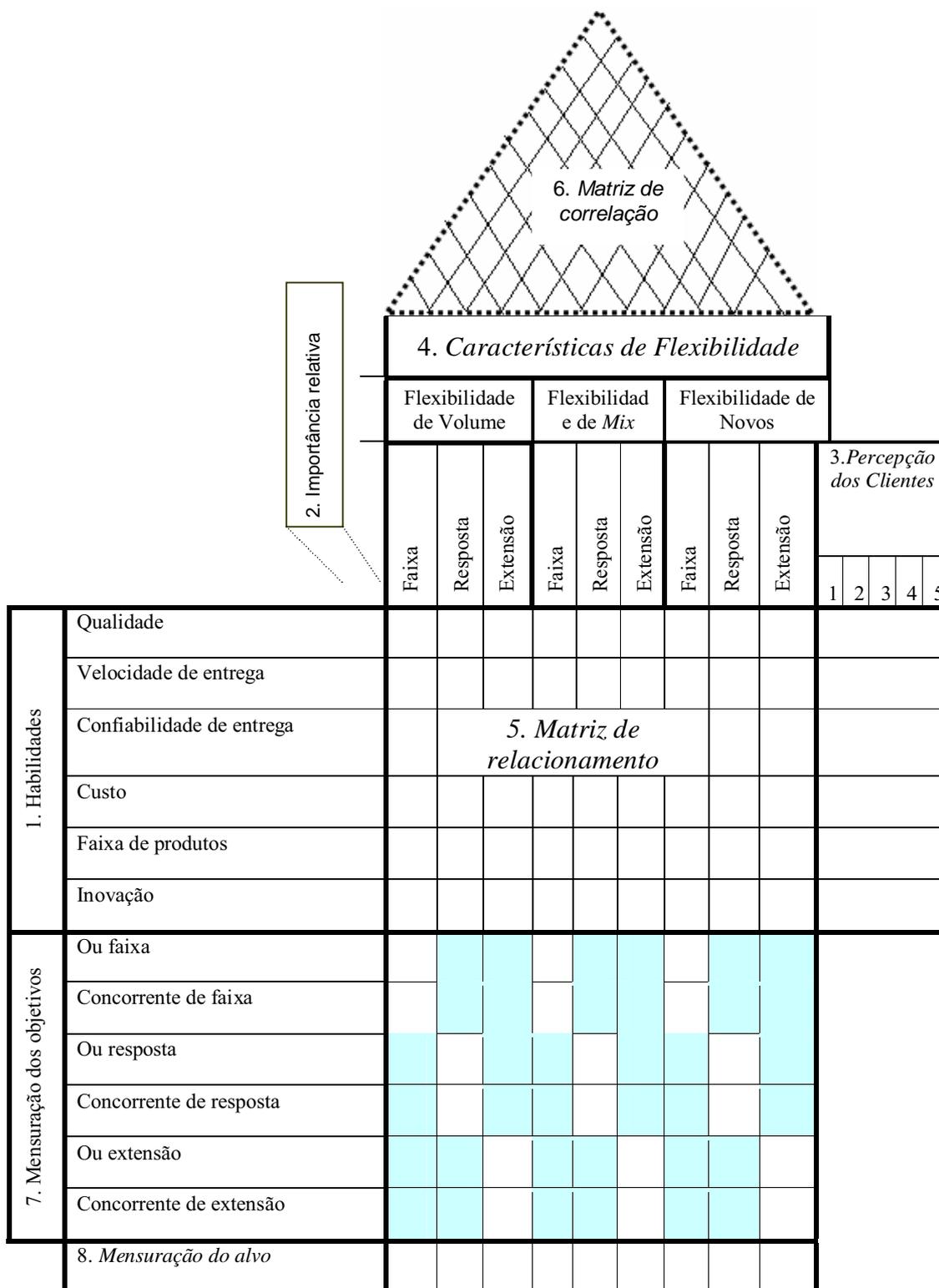


Figura 68: Relacionando habilidades e características de flexibilidade  
 Fonte: Olhager & West, 2002

Além destes, Boyle (2006) avaliou os modelos propostos por Olhager e West (2002), Narain *et al.* (2000), Nilsson & Nordahl (1995) e Gerwin (1993), coletando nestes estudos uma lista de melhores práticas para a implementação da flexibilidade em manufatura:

- Os gestores de manufatura devem considerar o desenho da organização, capacidades técnicas, incertezas, competição, manufatura e estratégias de mercado quando selecionarem tipos e ferramentas para a flexibilidade;
- Os gestores de manufatura têm de compreender que a flexibilidade é um meio eficaz para resolver incertezas, sendo apenas uma dimensão, ou componente, de uma estratégia de manufatura e pode melhorar os resultados do negócio;
- Os gestores de manufatura devem entender como flexibilidade pode ser alcançada por meios não-técnicos;
- Os gestores de manufatura devem determinar as capacidades atuais de produção e reduzir eventuais lacunas entre tipos e níveis de flexibilidade;
- Os gestores de manufatura devem identificar tipos de flexibilidade em termos da sua gama, mobilidade e uniformidade e compreender que a flexibilidade pode ocorrer em diferentes níveis (isto é, estratégico, tático e operacional);
- Por isso, os gestores terão de priorizar os tipos de flexibilidade de manufatura necessários, pois podem não existir recursos suficientes para implementar todos os tipos de flexibilidade nos níveis de gama, uniformidade e mobilidade;
- Os gestores de manufatura devem focar no alinhamento dos tipos e níveis de flexibilidade exigida, potencial e real e compreender que existe uma série de estratégias para abordar a incerteza;
- Os gestores de manufatura devem garantir que a flexibilidade necessária será medida e avaliada periodicamente com as mudanças das estratégias organizacionais e de incertezas.

Com a síntese das potenciais melhores práticas de gestão para a implementação da flexibilidade de manufatura, Boyle (2006) desenvolveu então um modelo conceitual, como pode ser observado na Figura 69.

No modelo proposto por Boyle (2006), prevê-se que no primeiro estágio (identificar flexibilidade requerida) seja feita a identificação da flexibilidade necessária, seja ela oriunda do ambiente externo (clima político e econômico, características de demanda, comportamento do mercado consumidor, etc.), insumos (padrões, disponibilidade, etc.), processos de manufatura (disponibilidade da máquina quando a peça está pronta para ser produzida, disponibilidade do sistema de manuseio do material, quando a peça está pronta para ser movimentada, etc.) ou produtos finais (especificações de produto, prazos de entrega, etc.).

Neste estágio, avalia-se também a estratégia competitiva da organização: por exemplo, os gerentes podem decidir por desenvolver estratégias destinadas a reduzir uma incerteza específica, ao invés de reagir ou se adaptar às incertezas, por meio, por exemplo, da utilização de controle de qualidade para reduzir a incerteza nos insumos e usando o projeto para manufatura para reduzir a incerteza na produção de novos produtos ou peças. Se optar pela flexibilidade, define-se sua estratégia, que pode ser pela adaptação à incerteza, redefinição da mesma proativamente, criando reservas ou qualquer combinação destas.

A partir desta análise de flexibilidade, identifica-se a necessidade de flexibilidade de componentes (ou seja, máquinas, movimentação de material e operações) e sistemas (ou seja, processo, produto, roteirização, volume e expansão).

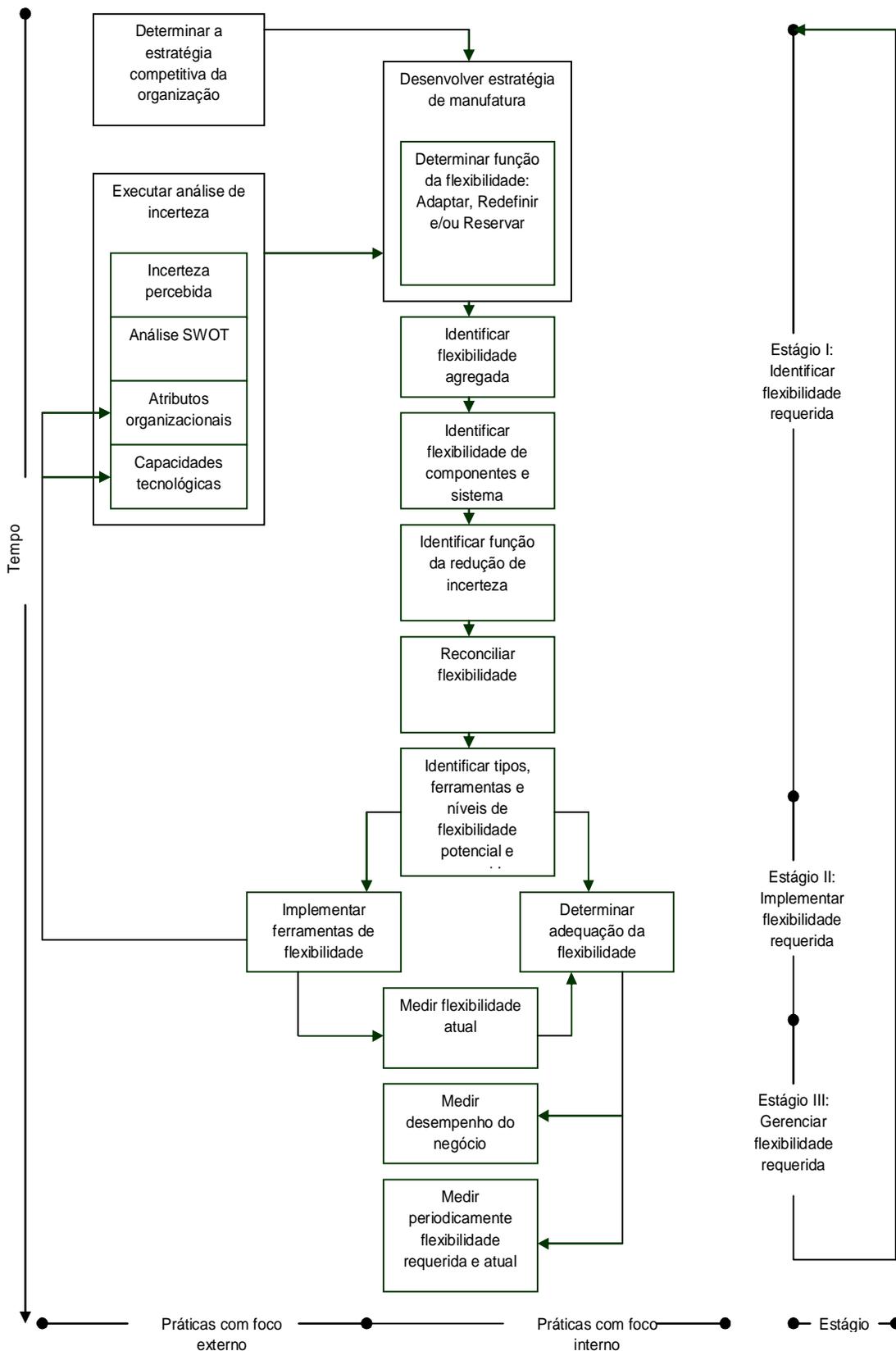


Figura 69: Modelo para implementação de flexibilidade em manufatura  
 Fonte: Boyle (2006)

A seleção, justificativa e priorização da flexibilidade necessária ocorrem usando um processo de reconciliação, no qual se analisa a flexibilidade necessária e os tipos propostos de flexibilidade de componentes e sistema para:

- Evitar a escolha de tipos de flexibilidade de componente e sistema que não ajudam a alcançar a flexibilidade necessária;
- Garantir que nenhum tipo de flexibilidade de componente e sistema necessária para alcançar a flexibilidade requerida tenha sido ignorado;
- Garantir que a redução da incerteza (por exemplo, controle de qualidade, projeto para manufatura) é considerada em adição à flexibilidade; e
- Priorizar tipos de flexibilidade agregada e os tipos de flexibilidade de componente e sistema necessários para conseguir flexibilidade agregada.

Com base neste processo de reconciliação, as ferramentas tecnológicas e organizacionais (por exemplo, FMS, trabalhadores multifuncionais, máquinas-ferramenta versáteis e *layout* flexível) necessárias para alcançar a necessária flexibilidade são identificadas e priorizadas. De acordo com Boyle (2006), possíveis motivos para a não correspondência entre a flexibilidade real e necessária incluem:

- Seleção de ferramentas tecnológicas e organizacionais inapropriada;
- Problemas de implementação, operação e uso das ferramentas tecnológicas requeridas; e
- Obstáculos gerenciais à mudança, tais como comportamento resistente, falta de comunicação, falta de apoio gerencial, etc.

O modelo proposto por Narain *et al.* (2000) encontra forte semelhança com o de Boyle (2006), como pode ser observado na Figura 70.

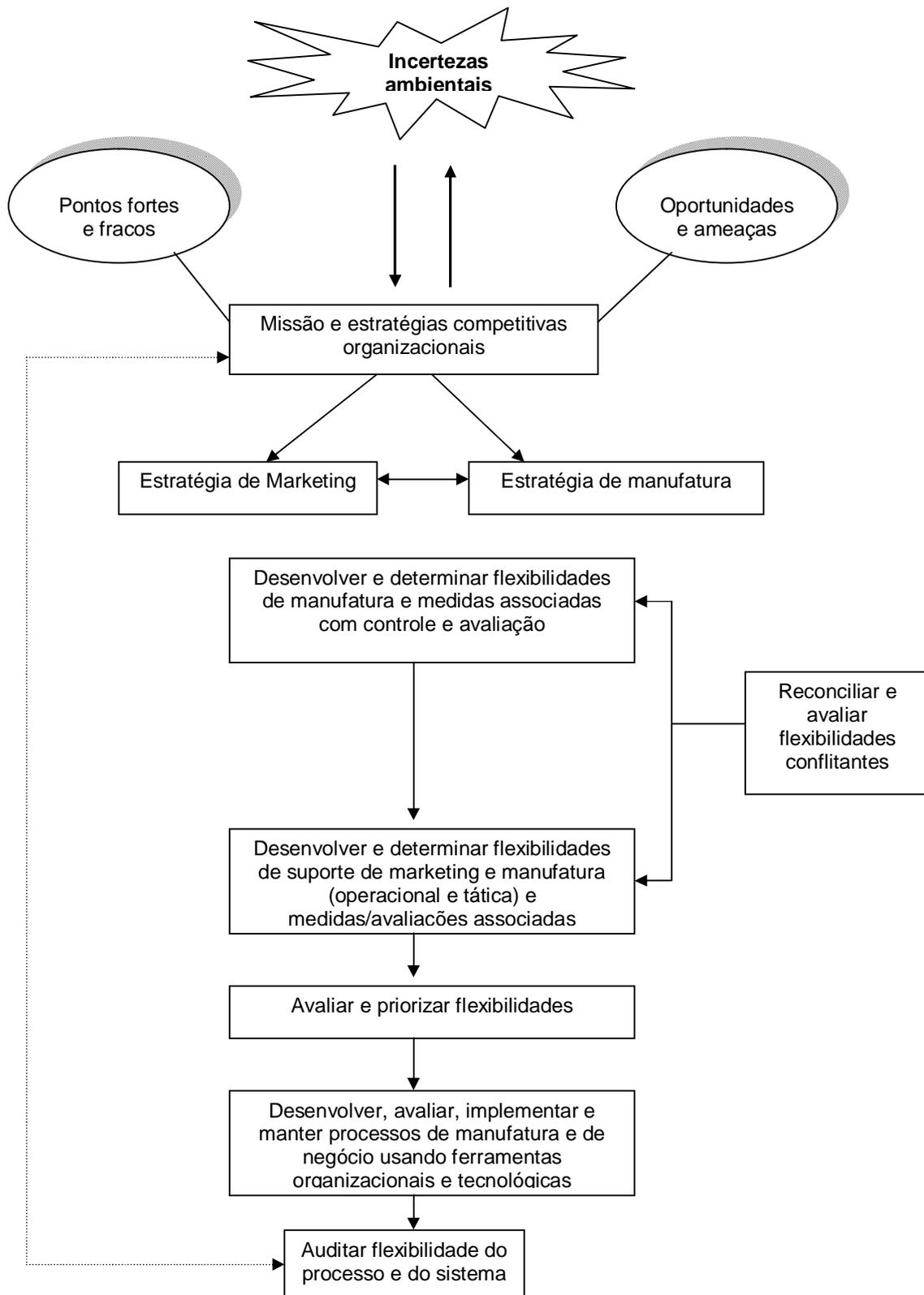


Figura 70: Modelo para integração da flexibilidade  
 Fonte: Narain *et al.*, 2000

Com relação a indicadores, de forma bastante abrangente, Gupta & Somers (1992) desenvolveram levantamento bibliográfico sobre itens para medição da flexibilidade, o qual pode ser visto no Quadro 17.

Quadro 17: Itens de medição de flexibilidade de manufatura e suas fontes

<b>Item</b>	<b>Fonte</b>
Tempo requerido para introduzir novos produtos	Sethi e Sethi (1990)
Custo requerido para introduzir novos produtos	Sethi e Sethi (1990)
Tempo requerido para aumentar ou reduzir o volume de produção em 20%	Sethi e Sethi (1990)
Tempo requerido para adicionar uma unidade à capacidade de produção	Sethi e Sethi (1990)
Custo da falta de produtos acabados	Abadie <i>et al.</i> (1988)
Custo de atraso para atender aos pedidos dos clientes	Abadie <i>et al.</i> (1988)
Universo de peças que o sistema de manufatura pode produzir sem necessitar adicionar equipamentos	Chatterjee <i>et al.</i> (1984)
O sistema de manufatura é capaz de funcionar virtualmente sem supervisão durante o segundo e terceiro turno	Jaikumar (1984)
Custo para duplicar a capacidade de saída do sistema	Carter (1986)
Tempo requerido para duplicar a capacidade de saída do sistema	Carter (1986)
A capacidade do sistema pode ser aumentada facilmente quando necessário	Sethi e Sethi (1990)
A capacidade do sistema pode ser aumentada facilmente quando necessário	Sethi e Sethi (1990)
Estabilidade do custo unitário de manufatura em ampla faixa de volume de produção	Falkner (1986)
A faixa de volumes que a empresa pode produzir de forma rentável	Sethi e Sethi (1990)
Número médio de possíveis formas que as peças podem ser processadas no sistema	Chatterjee <i>et al.</i> (1984)
Custo de produção perdida por conta de produção antecipada	Ball (1989)
Queda na produção por quebra de máquina	Browne <i>et al.</i> (1984) e Buzacott (1982)
Tempo requerido para mudar de um <i>mix</i> de peças para outro	Browne <i>et al.</i> (1984) e Buzacott (1982)
Quantidade de novas peças introduzidas a cada ano	Jaikumar (1984)
Custo requerido para mudar de um <i>mix</i> de peças para outro	Browne <i>et al.</i> (1984) e Buzacott (1982)
Total do valor incremental de novos produtos que podem ser produzidos pelo sistema com o acréscimo de 20% nos custos de novos dispositivos, ferramentas e peças	Jaikumar (1984)
Volume (número de diferentes tipos de peças ou gama de tamanhos e formas) de tipos de peças que o sistema pode produzir sem grandes <i>setups</i>	Gerwin (1987)
O quanto o <i>mix</i> de produção pode ser modificado mantendo a eficiência na produção	Carter (1986)
Custo de mudança do programa de produção	Warnecke e Steinhilper (1982)
Relação entre saídas e custo de espera de peças processadas	Son e Part (1987)
Habilidade do sistema de movimentação de materiais de mover tipos de peças diferentes ao longo na unidade de produção	Sethi e Sethi (1990)
Relação entre a quantidade de caminhos que o sistema de movimentação de materiais pode suportar e o total de caminhos existentes	Sethi e Sethi (1990)
O sistema de movimentação de materiais pode ligar cada máquina a todas as outras	Chatterjee <i>et al.</i> (1987)
Quantidade de diferentes operações que uma máquina pode executar sem requerer um tempo proibitivo ao mudar de uma operação para outra	Sethi e Sethi (1990)
Quantidade de diferentes operações que uma máquina pode executar sem requerer um custo proibitivo ao mudar de uma operação para outra	Sethi e Sethi (1990)
Relação entre a saída e o tempo ocioso de uma máquina num dado período de tempo	Son e Part (1987)
Quantidade de ferramentas ou de programas que uma máquina pode usar	Tarondeau (1982)
O quanto de variação em dimensões-chave e propriedades metalúrgicas de matéria-prima que uma máquina pode suportar	Gerwin (1987)
Taxa em que uma máquina se torna obsoleta quando um novo produto é introduzido	Gustavsson (1984)

Fonte: Gupta & Somers (1992)

De uma forma menos superficial, porém limitado à flexibilidade de máquina, Wahab *et al.* (2008) desenvolveram um modelo de medições para o gerenciamento da flexibilidade. Segundo esses autores, em mais de duas décadas de estudos de flexibilidade, o aspecto de medição não foi unificado, ainda que pesquisas sobre o assunto já tivessem sido abordadas por Swamidass & Newell (1987), Gupta & Buzacott (1989), Gerwin (1993) e Koste & Malhotra (1999). Dessa forma, Wahab *et al.* (2008) propuseram um modelo para mensuração da flexibilidade de máquina, incorporando no mesmo diversos fundamentos encontrados na literatura para definição desta flexibilidade, tais como:

- A facilidade para implementar mudanças requeridas para produzir de um determinado grupo de peças (BROWNE *et al.*, 1984);
- O tempo de *setup* necessário para implementar tais mudanças (CHANDRA & TOMBAK, 1992);
- Custo e tempo de *setup* para tais mudanças (TAYMAZ, 1989);
- Soma ponderada das eficiências da máquina em operação (BRILL & MANDELBAUM, 1989; CHEN & CHUNG, 1996; WAHAB, 2008);
- Média das eficiências da máquina em operação (DAS & NAGENDRA, 1993); e
- Quantidade de operações que a máquina pode realizar (KOSTE & MALHOTRA, 1999).

O modelo de Wahab *et al.* (2008), o qual pode ser usado para mensurar a flexibilidade em sistemas existentes ou conceituais, ainda na fase de projeto, é composto de dois estágios. O primeiro considera tempo e custo de *setup*, tempo e custo de processamento e importância da operação num algoritmo de análise envoltória de dados (DEA). No segundo estágio são avaliadas as incertezas de demanda e a quantidade de operações que a máquina pode executar. A representação gráfica do modelo em questão é mostrada na Figura 71.

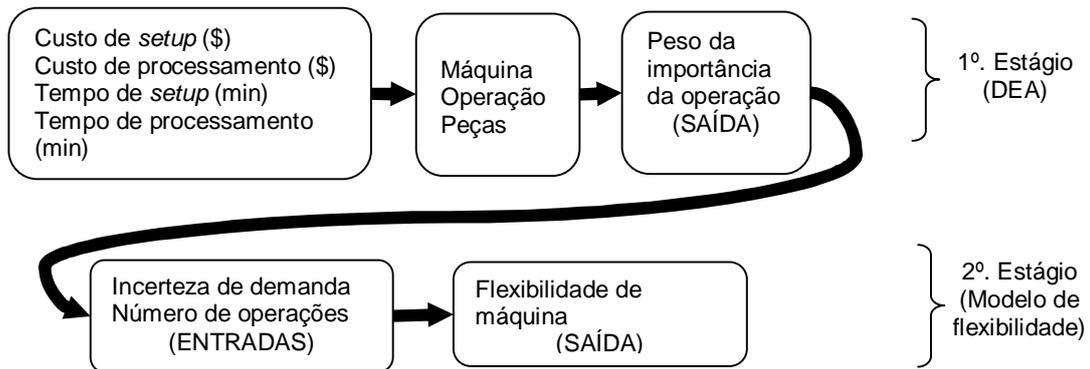


Figura 71: Modelo conceitual para mensuração de flexibilidade  
Fonte: adaptado de Wahab *et al.* (2008)

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ DE DECISÃO DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

Com a finalidade de se averiguar se as conjecturas e o objetivo geral da presente tese de doutorado foram atingidos, esse capítulo abordará os resultados da pesquisa empírica aplicada às oito empresas industriais, alvos do referido estudo, segmentado em três seções, conforme segue.

### 6.1 ANÁLISE DAS INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS DA MANUFATURA

Como foi utilizado o site da Internet [www.manufaturaflexivel.com.br](http://www.manufaturaflexivel.com.br) como instrumento de coleta de dados e como a Home Page em questão possuía um banco de dados para segmentar e organizar todas as informações coletadas dos respondentes, foi possível exportar todas as informações para uma planilha em Excel, o que propiciou agilidade e facilidade na tabulação dos dados. As Figuras 72 e 73 mostram a interface do banco de dados da Home Page [www.manufaturaflexivel.com.br](http://www.manufaturaflexivel.com.br).

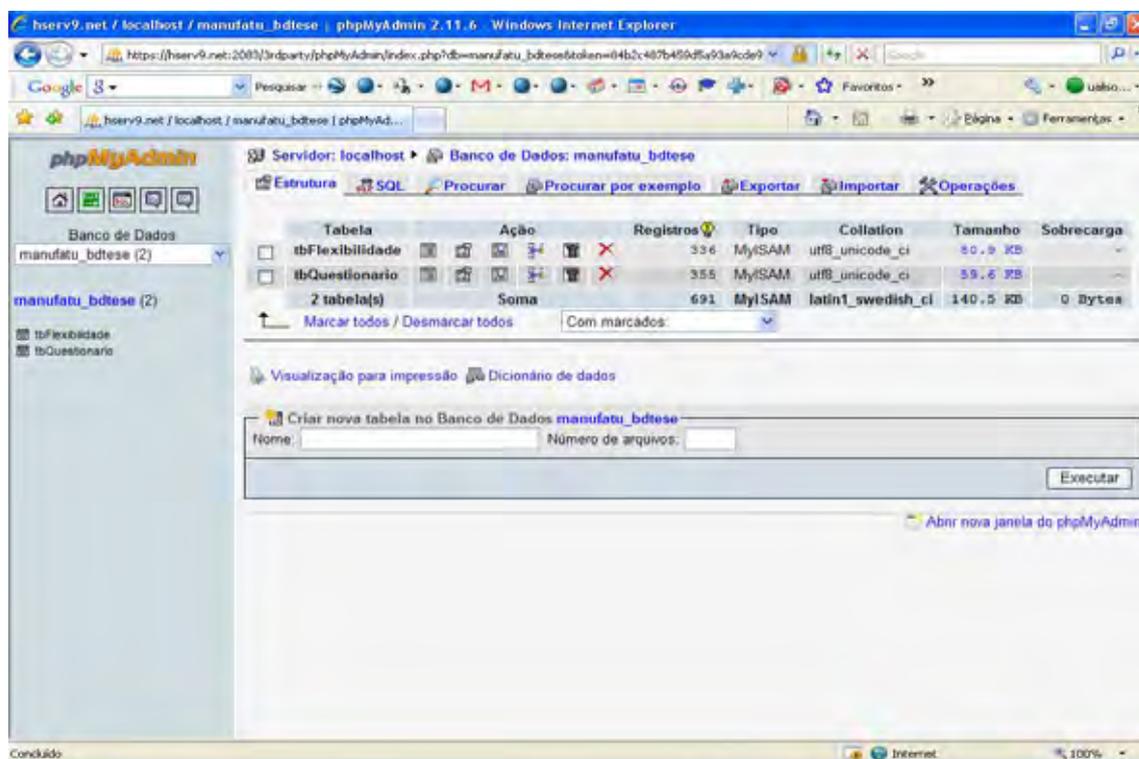


Figura 72: Interface da página inicial do banco de dados

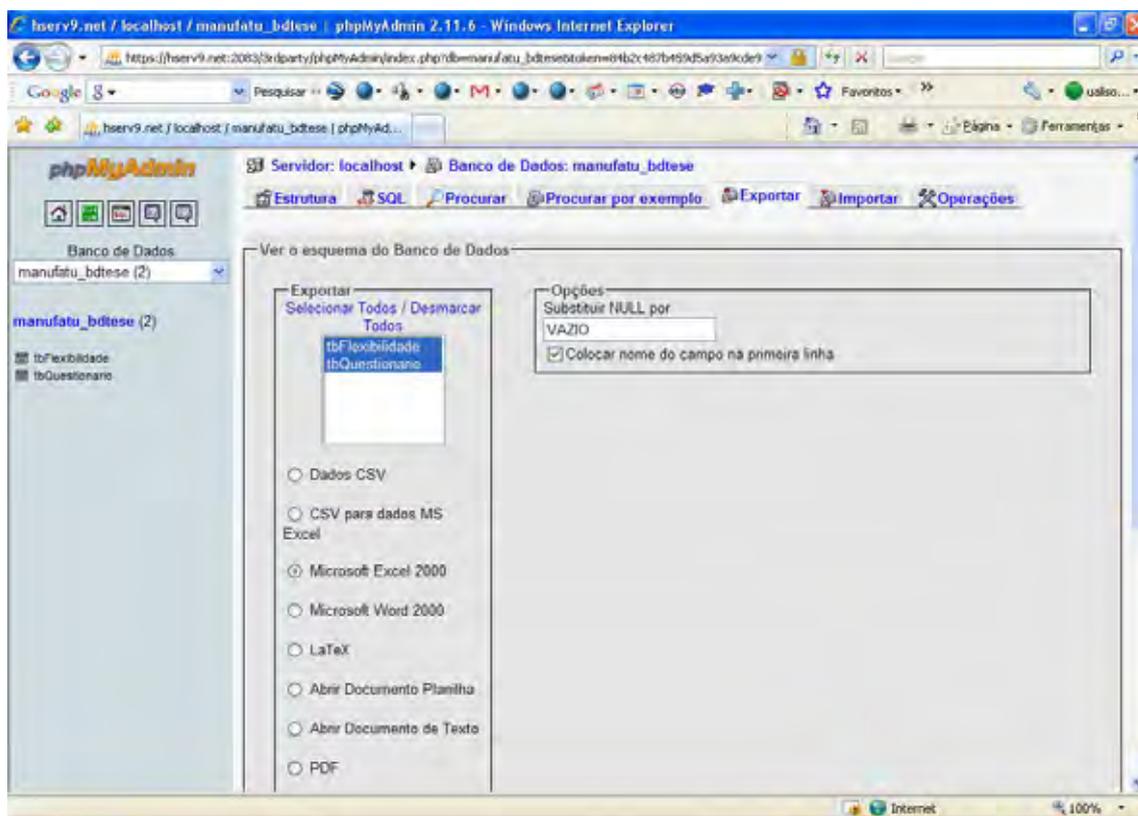


Figura 73: Interface da página de exportação de dados do banco de dados

Após a tabulação dos dados, optou-se por organizá-los sob a forma de quadros. Tal opção foi tomada para permitir uma melhor compreensão e interpretação das informações coletadas. Os quadros foram segmentados por empresa, gerando dois quadros para cada uma, em um total de dezesseis quadros. Dos dezesseis quadros, oito referem-se às informações sobre riscos, incertezas e problemas que ocorrem na manufatura e os oito seguintes se referem à análise de flexibilidades de manufatura.

Esses quadros (Quadros 19 ao 26), além dos demais (27 ao 40), foram construídos a partir da análise dos resultados do preenchimento do instrumento de coleta de dados por cinco funcionários de cada uma das oito empresas pesquisadas, ou seja, um total de 40 respondentes. O Quadro 18 mostra algumas características importantes dos respondentes e de suas respectivas empresas que, de certo, deverão ser levadas em consideração para a análise dos resultados.

Quadro 18: Qualificação das empresas pesquisadas e seus respondentes

Empresa pesquisada	O que as empresas produzem	Estado que a empresa está localizada	Características dos funcionários que preencheram o questionário na Internet	Período que os instrumentos de coletas de dados foram preenchidos
Montadora de Veículos Um	Automóveis de passeio e utilitários	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro de 2008
Montadora de Veículos Dois	Caminhões e Ônibus	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro de 2008
Montadora de Veículos Três	Automóveis de passeio e utilitários	Bahia	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro e Dezembro de 2008
Montadora de Veículos Quatro	Automóveis de passeio e utilitários	São Paulo	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro e Dezembro de 2008
Indústria Química	Agrotóxicos, adubos e pesticidas	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro de 2008
Indústria de Vidros	Vidros planos	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro, Dezembro e Janeiro de 2009
Indústria de Equipamentos	Equipamentos eletrônicos	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro de 2008
Indústria de Pneus	Pneus	Rio de Janeiro	Nível tático e que trabalha diretamente na manufatura	Novembro, Dezembro e Janeiro de 2009

Especificamente sobre os quadros que abordam informações sobre riscos, incertezas e problemas na manufatura (Quadros 19 ao 26), explana-se o seguinte:

- A coluna '*tipo de problema*' informa os tipos de problemas que ocorrem na empresa pesquisada, segundo a percepção do respondente, aglutinando-os por similaridade; os números entre colchetes representam quantos respondentes citaram o mesmo problema (vide Questão 1 – Figura 27)<sup>13</sup>;
- A coluna '*vezes citada*' informa o total de vezes que problemas de uma mesma família (problemas similares) foram citados pelos respondentes;
- A coluna '*classificação*' ordena os problemas por grau de impacto negativo à organização pesquisada, de forma ordinal; quanto menor o número, mais prejudicial é o problema para a organização (vide Questão 1 – Figura 27);
- A coluna '*média p*' informa o valor da média das classificações ordinais da coluna anterior;
- A coluna '*frequência*' informa com qual frequência os problemas citados na primeira coluna (tipo de problema) ocorrem na organização pesquisada; os números entre parênteses representam o valor cardinal das frequências:

<sup>13</sup> Para uma melhor compreensão dessa coluna e, também, das próximas que serão explicadas, recomenda-se uma análise prévia das questões do instrumento de coleta de dados, representadas pelas Figuras 27, 28 e 30. Caso a leitura das questões que se encontram nessas figuras não esteja nítida, recomenda-se a leitura do Quadro 1.

nunca (5), raramente (4), às vezes (3), freqüentemente (2) e sempre (1) (vide Questão 2 – Figura 28);

- A coluna '*média f*' informa o valor da média das freqüências com que os problemas ocorrem (média das informações contidas na coluna anterior);
- A coluna '*fator pf/v*' calcula o fator de prioridade para tratamento de cada tipo de problema, segundo os seguintes critérios: freqüência que o problema ocorre, quantidade de vezes que o problema foi citado pelos respondentes e classificação ordinal do problema. O cálculo é realizado multiplicando-se o resultado da coluna da '*média p*', pelo resultado da coluna da '*média f*' e, por fim, dividindo-se o resultado da multiplicação anterior pelo número de vezes que cada tipo de problema foi citado. Assim: Fator PF/V = [(Média P x Média F) ÷ Vezes citada]. Nesse momento ressalta-se que quanto menor for o Fator PF/V, mais prioridade de tratamento tem o problema, ou seja, quanto menor o fator, mais prejudicial é o problema, segundo a concepção de freqüência e gravidade.
- A última coluna, '*flexibilidade escolhida para solucionar o problema*', define, segundo a percepção do respondente, quais flexibilidades a empresa deveria usar para minimizar, ou até mesmo eliminar, os efeitos dos problemas citados na coluna '*tipo de problema*'. Nessa coluna, os números entre colchetes indicam quantos respondentes indicaram aquele tipo de flexibilidade para a solução dos problemas (vide Questão 4 – Figura 30).

Outro aspecto importante, para facilitar a visualização da ordem de grandeza dos problemas, está na organização das linhas. Nesse momento, informa-se que as linhas dos quadros em referência foram organizadas em ordem crescente, segundo o resultado do Fator PV/V. A primeira linha do quadro contém o menor Fator PV/V; A segunda linha do quadro contém o segundo menor Fator PV/V, e assim sucessivamente.

Também, há de se fazer constar que as informações que se encontram nas colunas de uma mesma linha estão seqüenciadas. Por exemplo, no quadro 19 (coluna 1 *versus* linha 1), o tipo de problema "*peças sem a qualidade vinda do fornecedor*" foi

classificado como “1<sup>o</sup>” (ordem de prioridade) e com frequência “às vezes” pelo mesmo respondente. A título de exemplo, somente nesse quadro e em sua primeira linha, exemplificou-se o ‘caminho’ das respostas fornecidas pela mesma pessoa, em negrito e sublinhadas.

Ainda, sobre a interpretação dos próximos quadros, salienta-se que a coluna classificação (3<sup>a</sup> coluna) poderá conter classificações que variem dicotomicamente entre os respondentes, visto que esses poderiam listar de um até dez problemas. Assim, se, por exemplo, uma pessoa listou quatro problemas e a outra listou sete problemas, teremos classificações que vão de 1<sup>o</sup> ao 4<sup>o</sup> para o primeiro respondente e de 1<sup>o</sup> ao 7<sup>o</sup> para o segundo respondente. Exatamente por isso que, no Quadro 19, por exemplo, temos apenas uma classificação 6<sup>o</sup> (apenas uma pessoa listou seis problemas), três classificações 5<sup>o</sup> (três pessoas listaram cinco problemas, incluindo-se aqui a pessoa que listou seis problemas), cinco classificações 4<sup>o</sup> (todos respondentes listaram um mínimo de quatro problemas, incluindo-se aqui as pessoas que listaram cinco e seis problemas).

Por fim, ressalta-se que a última coluna, *‘flexibilidade escolhida para solucionar o problema’*, pode conter uma quantidade de flexibilidades superiores à quantidade de problemas apontados na primeira coluna. Isso ocorre porque foi permitido ao respondente recomendar quantos tipos de flexibilidade que ele julgasse necessário para minimizar ou até mesmo resolver os problemas apontados. Exatamente por isso que se observa, na última coluna do Quadro 19, por exemplo, seis indicações de flexibilidade para a solução de cinco problemas apontados na primeira coluna.

Uma vez explicado como cada um dos próximos oito quadros foram construídos, parte-se para análise dos mesmos, conforme segue.

Quadro 19: Análise de incertezas, riscos e problemas para a montadora de veículos um

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS UM – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
<b>Peças sem a qualidade vinda do fornecedor</b> [1]; falta de peças de fornecedores [2]; fábrica parar por falta de peças [2].	5	1°;2°;1°;3°;2°	1,80	Às vezes (3); sempre (1); sempre (1); às vezes (3); frequentemente (2)	2,00	0,72	Flexibilidade de operação [3]; flexibilidade de roteamento [2]; flexibilidade de volume [1].
Equipamentos que fazem somente um tipo de operação [1]; indisponibilidade de equipamentos [2]; equipamentos com defeito [1]; equipamentos quebrados [1].	5	4°;1°;2°;4°;3°	2,80	Frequentemente (2); frequentemente (2); às vezes (3); às vezes (3); às vezes (3)	2,60	1,47	Flexibilidade de máquina [4]; flexibilidade de operação [2]; flexibilidade de roteamento [1].
Retrabalho [1]; retorno de produtos por defeitos de fabricação [1]; problemas de qualidade [1]; Desperdício de matéria prima [1].	4	2°;3°;2°;4°	2,75	Frequentemente (2); raramente (4); às vezes (3); sempre (1)	2,50	1,72	Não há aplicação de flexibilidade [3]; flexibilidade de entrega [1].
Variação da demanda de mercado [1]; Mudanças constantes no mix de produção [1].	2	4°;1°	2,50	Frequentemente (2); sempre (1)	1,50	1,88	Flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de mix [1].
Funcionário faltar [1]; erros de funcionários [1]; falhas por falta de mão-de-obra qualificada [1].	3	3°;4°;5°	4,00	Frequentemente (2); frequentemente (2); frequentemente (2)	2,00	2,67	Flexibilidade de mão-de-obra [3]
Queda de produção devido à crise internacional [1].	1	1°	1,00	Raramente (4)	4,00	4,00	Flexibilidade de volume [1]
Problemas de Comunicação entre os departamentos [1]; problemas de comunicação entre os turnos [1].	2	3°;6°	4,50	Às vezes (3); frequentemente (2)	2,50	5,63	Não há aplicação de flexibilidade [2]
Infra-estrutura inadequada de malha viária do país [1].	1	5°	5,00	Frequentemente (2)	2,00	10,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Falta de flexibilidade nas plantas e equipamentos [1].	1	5°	5,00	Frequentemente (2)	5,00	10,00	Flexibilidade de máquina [1]

Quadro 20: Análise de incertezas, riscos e problemas para a montadora de veículos dois

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS DOIS – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Faltas/atrasos de fornecedores [1]; Parada da fábrica por falta de peças [3]; Retrabalhos por falta de peças [1].	5	1°;1°;2°;1°;1	1,20	Sempre (1); freqüentemente (2); sempre (1); sempre (1).	1,20	0,29	Flexibilidade de operação [4]; não há aplicação de flexibilidade [1]; flexibilidade de produto [1]; flexibilidade de roteamento [1].
Problemas de comunicação [1]; fluxo de informação ruim entre os turnos de produção [2]; Baixo entrosamento entre depts de produto e processo [1].	4	3°;3°;4°;2°	3,00	Freqüentemente (2); freqüentemente (2); sempre (1) às vezes (3).	2,00	1,50	Não há aplicação de flexibilidade [3]; flexibilidade de mão-de-obra [1].
Instabilidade de volumes de produção [1]; Reação tardia da produção às mudanças [1].	2	2°;1°	1,50	Freqüentemente (2); às vezes (3)	2,50	1,88	Flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de expansão [1]; flexibilidade de mix [1].
Falta de treinamento dos operadores [1]; baixa qualificação do pessoal [1]; alto absenteísmo [1].	3	3°;5°;3°	3,67	Às vezes (3); às vezes (2); freqüentemente (2)	2,33	2,85	Flexibilidade de mão-de-obra [3].
Indisponibilidade dos equipamentos [1]; Parada não planejada de equipamentos [1]; Máquina quebrar [1].	3	2°;4°;2°	2,67	Às vezes (3); raramente (4); às vezes (3)	3,33	2,96	Flexibilidade de máquina [3]; flexibilidade de roteamento [2]; flexibilidade de volume [1];
Retrabalho por deterioração de peças [1]; “Cripple” por problemas de qualidade de peças [1].	2	4°;3°	3,5	Freqüentemente (2); freqüentemente (2)	2,00	3,50	Não há aplicação de flexibilidade [2].
Os departamentos buscam melhoria de seus processos isoladamente [1].	1	4°	4,00	Freqüentemente (2)	2,00	8,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Não atingimento do heijunka (desbalanceamento de produção) [1].	1	5°	5,00	Freqüentemente (2)	2,00	10,00	Flexibilidade de máquina [1]; flexibilidade de mix [1]; flexibilidade de modificação [1]; flexibilidade de operação [1]; flexibilidade de volume [1].
Falta de ferramentas específicas para as tarefas [1].	1	6°	6,00	Raramente (4)	4,00	24,00	Flexibilidade de mão-de-obra [1]

Quadro 21: Análise de incertezas, riscos e problemas para a montadora de veículos três

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS TRÊS – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Freqüência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Falta de peças [3]; Dependência de fornecedores [1].	4	1°;3°;1°;1°	1,50	Freqüentemente (2); freqüentemente (2); Freqüentemente (2); às vezes (3)	2,25	0,84	Flexibilidade de roteamento [3]; flexibilidade de operação [2]; flexibilidade de entrega [1].
Produção parar por quebra de máquina [3]; perder produção por quebra de equipamento [1] indisponibilidade de máquina [1].	5	2°;2°;1°;3°;2°	2,00	Raramente (4); às vezes (3); às vezes (3); freqüentemente (2); às vezes (3).	3,00	1,20	Flexibilidade de máquina [3]; flexibilidade de roteamento [2]; flexibilidade de volume [1];
Bruscas quedas e bruscos aumentos de demanda [1]; Mixagem de produção [1]; Descompasso de vendas com produção [1].	3	2°;2°;4°	2,67	Às vezes (3); às vezes (3); freqüentemente (2)	2,67	2,38	Flexibilidade de volume [2]; Flexibilidade de expansão [2]; flexibilidade de mix [1].
Recall [1]; Retrabalhos [1]; Perdas de veículos inteiros por problemas de qualidade [1].	3	1°;3°;3°	2,33	Raramente (4); às vezes (3); às vezes (3)	3,33	2,59	Flexibilidade de entrega [1]; não há aplicação de flexibilidade [1] flexibilidade de volume [1].
Problemas de comunicação [3].	3	6°;4°;6°	5,33	Freqüentemente (2); sempre (1); freqüentemente (2)	1,67	2,97	Não há aplicação de flexibilidade [3].
Pessoal operacional faltar [1]; Falhas humanas [1]; mão-de-obra de baixa qualidade [1].	3	4°;4°;5°	4,33	Às vezes (3); às vezes (3); freqüentemente (2)	2,67	3,85	Flexibilidade de mão-de-obra [3];
Modificações no produto [1].	1	5°	5,00	Freqüentemente (2)	2,00	10,00	Flexibilidade de produto [1]
Layout inadequado [1].	1	5°	5,00	Às vezes (3)	3,00	15,00	Flexibilidade de modificação [1]
Erro de projeto [1].	1	5°	5,00	Raramente (4)	4,00	20,00	Não há aplicação de flexibilidade [1]

Quadro 22: Análise de incertezas, riscos e problemas para a montadora de veículos quatro

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS QUATRO – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Falhas de fornecimento de matéria-prima [1]; problemas com fornecedor [3]; cadeia de suprimentos fraca [1].	5	3º;2º;3º;1º;2º	2,20	Sempre (1); frequentemente (2); às vezes (3); frequentemente (2); sempre (1).	1,80	0,79	Flexibilidade de roteamento [3]; flexibilidade de operação [2]; flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de expansão [1]; flexibilidade de entrega [1]; não há aplicação de flexibilidade [1]
Paradas não planejadas [1]; máquinas quebrarem [2]; problemas com disponibilidade de equipamentos [1].	4	2º;1º;1º;3º	1,75	Às vezes (3); raramente (4); às vezes (3); frequentemente (2)	3,00	1,31	Flexibilidade de máquina [3]; flexibilidade de roteamento [2]; Flexibilidade de volume [1]; flexibilidade de mão-de-obra [1]
Demora de resposta às oscilações de mercado [1]; queda de vendas afetar a produção [1]; Alteração brusca no mix de vendas [1].	3	1º;3º;1º	1,67	Raramente (4); frequentemente (2); às vezes (3)	3,00	1,67	Flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de mix [2].
Refugo de peças [1]; problemas relacionados com a qualidade de componentes [1]; retrabalho [1].	3	6º;2º;4º	4,00	Às vezes (3); frequentemente (2); às vezes (3)	2,67	3,56	Não há aplicação de flexibilidade [2]; flexibilidade de modificação [1].
Falha humana [1]; faltas não planejadas de funcionários [1]; greves [1].	3	5º;4º;3º	4,00	Às vezes (3); frequentemente (2); raramente (4)	3,00	4,00	Flexibilidade de mão-de-obra [3]; flexibilidade de volume [1]
Falha na comunicação entre departamentos [1]; informação mal difundida [1].	2	4º;6º	5,00	Frequentemente (2); às vezes (3).	2,50	6,25	Não há aplicação de flexibilidade [2]
Acidente de trabalho [1].	1	2º	2,00	Raramente (4)	4,00	8,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Alto nível de estoque [1].	1	5º	5,00	Frequentemente (2)	2,00	10,00	Flexibilidade de movimentação de material [1]
Falhas na distribuição de veículos [1].	1	4º	4,00	Às vezes (3)	3,00	12,00	Flexibilidade de entrega [1]
Problemas de projeto [1].	1	7º	7,00	Às vezes (3)	3,00	21,00	Flexibilidade de produto [1]

Quadro 23: Análise de incertezas, riscos e problemas para a indústria química

<b>INDÚSTRIA QUÍMICA – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Freqüência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Oscilações nas vendas [3]; sazonalidade nas vendas [2].	5	1°;1°;2°;1°;3°	1,60	Sempre (1); freqüentemente (2); freqüentemente (2); sempre (1); freqüentemente (2).	1,60	0,51	Flexibilidade de volume [4]; flexibilidade de produção [3]; flexibilidade de mix [2].
Falta de matéria-prima [2]; fornecedor atrasar [1]; fornecedor não entregar [1].	4	3°;1°;2°;2°	2,00	Freqüentemente (2); Sempre (1); freqüentemente (2); freqüentemente (2).	1,75	0,88	Não há aplicação de flexibilidade [3]; flexibilidade de entrega [1].
Quebra de equipamentos [2]; equipamento quebrar [1]; falha no equipamento [1].	4	3°;2°;5°;1°	2,75	Às vezes (3); às vezes (3); raramente (4); freqüentemente (2).	3,00	2,06	Flexibilidade de máquina [2]; flexibilidade de expansão [1]; não há aplicação de flexibilidade [1].
Retrabalho [1]; problemas na qualidade dos produtos [1]; produtos que retornam por problemas de qualidade [1].	3	3°;3°;4°	3,33	Às vezes (3); raramente (4); raramente (4).	3,67	4,07	Não há aplicação de flexibilidade [2]; flexibilidade de entrega [1].
Acidente com pessoas [1]; Acidente ambiental [1]; contaminação cruzada [1].	3	2°;4°;5°	3,67	Às vezes (3); raramente (4); raramente (4).	3,67	4,49	Não há aplicação de flexibilidade [2]; flexibilidade de modificação [1].
Absenteísmo [1]; funcionário faltar [1]; falta de funcionários [1].	3	4°;4°;6°	4,67	Raramente (4); raramente (4); raramente (4);	4,00	6,23	Flexibilidade de mão-de-obra [3].
Problemas com distribuição de produtos [1].	1	5°	5,00	Raramente (4).	4,00	20,00	Flexibilidade de entrega [1].
Horas extras [1].	1	6°	6,00	Raramente (4).	4,00	24,00	Flexibilidade de volume [1].

Quadro 24: Análise de incertezas, riscos e problemas para a indústria de vidros

<b>INDÚSTRIA DE VIDROS – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Falhas na comunicação [1]; problemas de comunicação [1]; comunicação entre vendas e produção deficiente [2].	4	2º;1º;1º;2º	1,50	Freqüentemente (2); sempre (1); freqüentemente (2); sempre (1);	1,50	0,56	Não há aplicação de flexibilidade [2]; flexibilidade de modificação [1]; flexibilidade de entrega [1]; flexibilidade de expansão [1].
Cliente alterar os dados do pedido [2]; alteração no pedido depois de estar pronto [1].	3	1º;2º;1º	1,33	Sempre (1); freqüentemente (2) freqüentemente (2).	1,67	0,74	Flexibilidade de entrega [3].
Danificação do produto na entrega [3].	3	2º;2º;3º	2,33	Freqüentemente (2); freqüentemente (2); freqüentemente (2).	2,00	1,55	Flexibilidade de entrega [2]; flexibilidade de volume [1]; flexibilidade de expansão [1].
Quebra de equipamentos [2]; linha de produção parar por falhas nas máquinas [1].	3	3º;1º;4º	2,67	Raramente (4); às vezes (3); às vezes (3).	3,33	2,96	Flexibilidade de máquina [2]; flexibilidade de operação [1].
Funcionário faltar [1]; produto fora das especificações por erro dos funcionários [1]; problemas por falta de conhecimento do funcionário [1].	3	4º;3º3º	3,33	Às vezes (3); às vezes (3); às vezes (3).	3,00	3,33	Flexibilidade de mão-de-obra [3].
Estoque de produto acabado em excesso [1]; Pouco espaço de armazenamento de produto acabado [1].	2	5º;6º	5,50	Freqüentemente (2); freqüentemente (2);	2,00	5,50	Flexibilidade de movimentação de material [1]; flexibilidade de volume [1].
Falta de recursos para executar a rotina de trabalho [1].	1	3º	3,00	Às vezes (3).	3,00	9,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Variedade de produtos acabados x desequilíbrio de estoque [1].	1	4º	4,00	Às vezes (3).	3,00	12,0	Flexibilidade de volume [1].
Falhas na tomada de decisão [1].	1	5º	5,00	Às vezes (3).	3,00	15,0	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Crise econômica [1].	1	4º	4,00	Raramente (4).	4,00	16,0	Flexibilidade de volume [1].

Quadro 25: Análise de incertezas, riscos e problemas para a indústria de equipamentos

<b>INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Falta de disponibilidade de peças por problemas com fornecedor [3]; Fraca cadeia de suprimentos [1].	4	1º;2º;1º;3º	1,75	Sempre (1); às vezes (3) freqüentemente (2); freqüentemente (2);	2,00	0,88	Flexibilidade de mix [2]; flexibilidade de produto [2]; flexibilidade de operação [1]; não há aplicação de flexibilidade [1].
Falta de comunicação por toda a cadeia [1]; problemas de comunicação [3]; comunicação falha [1].	5	1º;5º;2º;2º;2º	2,40	Freqüentemente (2); às vezes (3); sempre (1); freqüentemente (2); freqüentemente (2)	2,00	0,96	Não há aplicação de flexibilidade [5].
Erros por falta de conhecimento do processo [1]; falta de treinamento [2]; Perda do conhecimento por demissão de funcionários [1].	4	4º;2º;3º;1º	2,50	Às vezes (3); freqüentemente (2); sempre (1); freqüentemente (2);	2,00	1,25	Flexibilidade de mão-de-obra [4].
Variação de demanda do mercado [1]; produção divergente dos pedidos [2]; Queda brusca de produção [1].	4	3º;4º;4º;1º	3,00	Sempre (1); as vezes (3); freqüentemente (2); raramente (4)	2,50	1,88	Flexibilidade de mix [3]; Flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de produto [2].
Quebra de máquina [3]; indisponibilidade de equipamento [1].	4	3º;4º;1º;3º	2,75	Às vezes (3); às vezes (3); freqüentemente (2); às vezes (3)	2,75	1,89	Flexibilidade de máquina [3]; flexibilidade de operação [1]; flexibilidade de volume [1].
Falta de compromisso com datas [1].	1	2º	2,00	Freqüentemente (2)	2,00	4,00	Flexibilidade de entrega [1].
Acidentes de trabalho [2].	2	6º;3º	4,50	Raramente (4); às vezes (3).	3,50	7,88	Flexibilidade de modificação [2];
Operações que exigem posturas inadequadas [1].	1	8º	8,00	Freqüentemente (2)	2,00	16,00	Flexibilidade de modificação [1]
Processo inadequado de recebimento e expedição de material [1].	1	5º	5,00	Raramente (4)	4,00	20,00	Flexibilidade de movimentação de material [1]
Conflito de prioridades [1].	1	6º	6,00	Raramente (4)	4,00	24,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Setup elevado [1].	1	7º	7,00	Raramente (4)	4,00	28,00	Flexibilidade de máquina [1]

Quadro 26: Análise de incertezas, riscos e problemas para a indústria de pneus

<b>INDÚSTRIA DE PNEUS – ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS</b>							
<b>Tipo de problema</b>	<b>Vezes citada</b>	<b>Classificação</b>	<b>Média P</b>	<b>Frequência</b>	<b>Média F</b>	<b>Fator PF/V</b>	<b>Flexibilidade escolhida para solucionar o problema</b>
Quebra de máquina [3]; mau funcionamento de equipamentos [1]; máquina não funcionar por poeira [1].	5	1°;1°;2°;2°;1°	1,40	Sempre (1); freqüentemente (2); freqüentemente (2); sempre (1); freqüentemente (2).	1,60	0,45	Flexibilidade de máquina [4]; flexibilidade de volume [1]; flexibilidade de expansão [1]; não há aplicação de flexibilidade [1].
Funcionário errar na mistura para banho de cabo [2]; Erro por falta de compreensão do processo de banho pelo funcionário [1].	3	4°;2°;2°	2,67	Às vezes (3); freqüentemente (2); freqüentemente (2).	2,33	2,07	Flexibilidade de mão-de-obra [3].
Paradas de produção por pique de energia [1]; Perder produção por queda de energia não programada [1]; Pique de energia [1].	3	2°;3°;1°	2,00	Às vezes (3); Raramente (4); Às vezes (3).	3,33	2,22	Não há aplicação de flexibilidade [3].
Fornecedor entregar bobina de baixa qualidade [1]; bobina de aço fora das especificações [1].	2	3°;1°	2,00	Às vezes (3); às vezes (3).	3,00	3,00	Flexibilidade de máquina [1]; não há aplicação de flexibilidade [1]
Erros de planejamento de vendas [1]; Vendas determinar produção de pneu que não vende [1].	2	3°;3°	3,00	Freqüentemente (2); Às vezes (3).	2,50	3,75	Flexibilidade de volume [2]; flexibilidade de mix [1]
Problemas de comunicação entre vendas e produção [1]; Falhas de produção por erro de comunicação [1].	2	5°;4°	4,50	Freqüentemente (2); freqüentemente (2)	2,00	4,50	Flexibilidade de produção [1]; não há aplicação de flexibilidade [1].
Retrabalho [1].	1	3°	3,00	Às vezes (3)	3,00	9,00	Não há aplicação de flexibilidade [1].
Problemas ambientais [1].	1	4°	4,00	Raramente (4)	4,00	16,00	Flexibilidade de modificação [1].

Após uma cuidadosa observação nos Quadros 19 ao 26, constata-se o seguinte:

- O problema prioritário nas montadoras de veículos pesquisadas está relacionado com fornecedores, seja por atraso no recebimento de peças, por peças fora das especificações, por retrabalhos posteriores à montagem do veículo pela opção de produção de “*cripple*”, pela fábrica parar por falta de peças, pela alta dependência de fornecedores, por falhas no fornecimento, pela fraca cadeia de fornecedores e outras coisas do gênero. A natureza desse tipo de problema ficou com um Fator PF/V que varia de 0,29 até 0,84 para esse segmento industrial, sendo citado como o principal problema por cem por cento das montadoras de veículos pesquisadas;
- Ainda sobre as montadoras de veículos, o segundo problema em ordem de prioridade está relacionado com a indisponibilidade de máquinas e equipamentos, seja por quebra, defeito de funcionamento, produção parar por máquinas quebradas, paradas não planejadas e coisas do tipo. Três das quatro montadoras pesquisadas colocam esse problema como sendo o segundo mais prejudicial. O terceiro problema está relacionado com instabilidade nos volumes de produção – também observado por três das quatro montadoras pesquisadas –, seguido por problemas de qualidade, falhas de funcionários, falhas de comunicação, entre outros que podem ser observados nos Quadros 19 ao 22;
- Nas outras empresas pesquisadas, ou seja, na indústria química, na indústria de vidros, na indústria de equipamentos e na indústria de pneus, há uma divergência de opinião quanto qual seja o problema mais prejudicial. Na indústria química, por exemplo, o problema mais crítico está relacionado com oscilações nas vendas, com um Fator PF/V de 0,51. Na indústria de vidros, o problema mais prejudicial está relacionado com falhas de comunicação, tendo atingido um Fator PF/V de 0,56. Na indústria de equipamentos, o problema mais prejudicial está relacionado com fornecedores, tendo atingido um Fator PF/V de 0,88. Por fim, na indústria de pneus, o problema crítico está relacionado com indisponibilidade de equipamentos, tendo atingido um fator de 0,45. Indo além, também se

observa um grande desacordo na ordenação de prioridades entre os segundo, terceiro e demais problemas de cada uma dessas quatro empresas.

Ainda existem outras observações importantes sobre os resultados apurados até aqui, porém, em função da dificuldade de comparação simultânea entre oito quadros distintos, construiu-se um quadro síntese (Quadro 27), para resumir e facilitar a observação da posição dos 12 principais problemas, levantados nas oito empresas pesquisadas.

Sobre o Quadro 27, explica-se o seguinte:

- A primeira coluna contém os principais problemas observados nas oito empresas pesquisadas;
- As demais colunas (com exceção da última coluna) contêm dados coletados de cada uma das empresas pesquisadas.
- Na oitava coluna, por questões de espaço, substituiu-se a palavra equipamento por equipto.
- A última coluna (10ª coluna) contém dados médios das oito colunas anteriores, onde se excluiu o maior e o menor resultados de cada linha, independente do tipo de indústria analisada. Optou-se por fazer isso como uma alternativa plausível de comparação de dados entre as linhas que estão com “buracos” (linhas que possuem apenas uma coluna em branco) e as linhas que estão completamente preenchidas. Os dados excluídos estão em negrito. Na linha que consta o tipo de problema com máquina e/ou equipamento, por exemplo, foram excluídos os seguintes registros de dados: GP=0,45 (menor GP) e GP=2,96 (maior GP); C=1º (menor C) e C=5º (maior C); F=1,60 (menor F) e F=3,33 (maior F). Nas linhas que possuem a ausência de apenas uma empresa, a exemplo da linha de Fornecedores, excluíram-se apenas os menores valores, tendo sido considerado como maiores valores os que constam na coluna em branco, ou seja, excluíram-se os valores não informados. Justifica-se tal procedimento uma vez que, se o problema da linha analisada não foi levantado por uma das indústrias pesquisadas, é porque tal problema não representa ameaça para a referida

empresa, nunca acontecendo (frequência igual a 5) e tendo, por analogia, a última classificação entre todos os problemas que ela citou (classificação igual a 10). Como esses valores são, teoricamente, os maiores valores de cada quadro, faz sentido adotar os dados de cada coluna em branco como se fossem os maiores escores obtidos em cada item analisado.

Quadro 27: Quadro resumo dos principais problemas nas oito empresas pesquisadas

QUADRO RESUMO PARA ANÁLISE DE INCERTEZAS, RISCOS E PROBLEMAS NAS OITO EMPRESAS PESQUISADAS									
Tipo de problema (problema com...)	Tipo de Indústria (Indústrias de...)								
	Veículo Um	Veículo Dois	Veículo Três	Veículo Quatro	Química	Vidros	Equipto.	Pneus	TODAS
Fornecedores	GP=0,72 C=1° F=2,00	<b>GP=0,29</b> <b>C=1°</b> <b>F=1,20</b>	GP=0,84 C=1° F=2,25	GP=0,79 C=1° F=1,80	GP=0,88 C=2° F=1,75	-	GP=0,88 C=1° F=2,00	GP=3,00 C=4° F=3,00	GP=1,32 C=1,66° F=2,13
Máquina e/ou Equipamento	GP=1,47 C=2° F=2,60	<b>GP=2,96</b> <b>C=5°</b> <b>F=3,33</b>	GP=1,20 C=2° F=3,00	GP=1,31 C=2° F=3,00	GP=2,06 C=3° F=3,00	GP=2,96 C=4° F=3,33	GP=1,89 C=5° F=2,75	<b>GP=0,45</b> <b>C=1°</b> <b>F=1,60</b>	GP=1,82 C=3° F=2,95
Variação e/ou oscilação da demanda	GP=1,88 C=4° <b>F=1,50</b>	GP=1,88 C=3° F=2,50	GP=2,38 C=3° F=2,67	GP=1,67 C=3° F=3,00	<b>GP=0,51</b> <b>C=1°</b> F=1,60	-	GP=1,88 C=4° F=2,50	GP=3,75 C=5° F=2,50	GP=2,24 C=3,67° F=2,46
Pessoas e/ou funcionários	GP=2,67 C=5° F=2,00	GP=2,85 C=4° F=2,33	GP=3,85 <b>C=6°</b> F=2,67	GP=4,00 C=5° F=3,00	<b>GP=4,49</b> C=5° <b>F=3,67</b>	GP=3,33 C=5° F=3,00	<b>GP=1,25</b> C=3° <b>F=2,00</b>	GP=2,07 <b>C=2°</b> F=2,33	GP=3,13 C=4,50° F=2,56
Falhas de comunicação	GP=5,63 C=7° F=2,50	GP=1,50 C=2° F=2,00	GP=2,97 C=5° F=1,67	GP=6,25 C=6° F=2,50	-	<b>GP=0,56</b> <b>C=1°</b> <b>F=1,50</b>	GP=0,96 C=2° F=2,00	GP=4,50 C=6° F=2,00	GP=3,64 C=4,67° F=2,11
Qualidade e/ou retrabalho	GP=1,72 C=3° F=2,50	GP=3,50 C=6° F=2,00	GP=2,59 C=4° F=3,33	GP=3,56 C=4° F=2,67	GP=4,07 C=4° F=3,67	<b>GP=1,55</b> <b>C=3°</b> <b>F=2,00</b>	-	GP=9,00 C=7° F=3,00	GP=4,07 C=4,67° F=2,58
Acidente (pessoas e ambiental)	-	-	-	GP=8,00 C=7° F=4,00	-	-	GP=7,88 C=7° F=3,50	GP=16,0 C=8° F=4,00	<b>N.C.</b>
Falta de recursos para o trabalho	-	GP=24,0 C=9° F=4,00	-	-	-	GP=9,00 C=7° F=3,00	-	-	<b>N.C.</b>
Erros de projeto	-	-	GP=20,0 C=9° F=4,00	GP=21 C=10° F=3,00	-	-	-	-	<b>N.C.</b>
Alteração de pedido	-	-	-	-	-	GP=0,74 C=2° F=1,67	-	-	<b>N.C.</b>
Falta de energia	-	-	-	-	-	-	-	GP=2,22 C=3° F=3,33	<b>N.C.</b>
Falhas na distribuição	-	-	-	GP=12,0 C=9° F=3,00	GP=20,0 C=7° F=4,00	-	GP=20,0 C=9° F=4,00	-	<b>N.C.</b>

GP = Grau de Prioridade do problema, calculado por meio do Fator PF/V  
C = Classificação ordinal do problema (quanto menor a classificação, mais prejudicial é o problema)  
F = Frequência que o problema ocorre  
NC = Não Calculado

Agora, analisando-se o Quadro 27, observa-se que, de um modo geral, os problemas mais prejudiciais a manufatura das empresas pesquisadas estão relacionados, nessa ordem, com fornecedores, indisponibilidade de equipamentos, variação/oscilações da demanda, gestão de pessoas, falhas de comunicação e retrabalho. Quanto à frequência, constata-se que os problemas mais frequentes são aqueles relacionados, nessa ordem, com falhas de comunicação, fornecedores, variação/oscilação da demanda, gestão de pessoas, qualidade dos produtos fabricados e, por fim, indisponibilidade de equipamentos.

Fazendo uma análise isolada das empresas no quesito frequência, constata-se que os problemas relacionados com falhas de comunicação e com qualidade/retrabalho ocorrem em maior frequência na indústria de vidros; os problemas com indisponibilidade de equipamentos ocorrem com maior frequência na indústria de pneus; os problemas com fornecedores ocorrem com maior frequência nas montadoras de veículos; os problemas com variação/oscilação da demanda ocorrem com mais frequência na indústria química; e, por fim, os problemas com mão-de-obra ocorrem com maior frequência na indústria de equipamentos.

Diante de tais resultados e confrontando-os com as Conjecturas  $C_1$ <sup>14</sup>  $C_2$ <sup>15</sup>, postuladas na seção 2.2 do Capítulo 2, verifica-se o seguinte:

- Aceitação, de um modo geral, da Conjectura  $C_1$ , visto que os problemas mais prejudiciais na manufatura estão relacionados com fornecedores e com a indisponibilidade de equipamentos, principalmente nas montadoras de veículos e na indústria de equipamentos, aqui pesquisadas;
- Aceitação Parcial da Conjectura  $C_1$  para a indústria química;
- Rejeição da Conjectura  $C_1$  para as indústrias de vidros e pneus;
- Aceitação, de um modo geral, da Conjectura  $C_2$ , visto que os problemas mais frequentes na manufatura estão relacionados com a falha de fornecedores e com a falha de comunicação, principalmente para as montadoras de veículos e para as indústrias químicas, no que diz respeito

---

<sup>14</sup>  $C_1$ . Os problemas críticos na manufatura estão relacionados com fornecedores e com a indisponibilidade de equipamentos.

<sup>15</sup>  $C_2$ . Os problemas mais frequentes na manufatura estão ligados a atrasos de entrega de matéria-prima por fornecedores e a falhas de comunicação.

aos problemas com fornecedores e para a indústria de vidros, no que diz respeito à comunicação;

Continuando-se com a análise dos quadros, parte-se para um diagnóstico da última coluna (Flexibilidade escolhida para solucionar o problema), onde se observa que:

- Para os problemas relacionados com fornecedores, constata-se que as montadoras de veículos estão utilizando amplamente as flexibilidades de operação e a flexibilidade de roteamento, sendo esses dois tipos de flexibilidade fortemente indicadas pelas quatro montadoras de veículos pesquisadas. Nesse momento ressalta-se que tais resultados são inéditos em termos de pesquisa, haja vista a ausência de trabalhos acadêmicos que relacionem esses dois tipos de flexibilidade com problemas de fornecedores. Ainda, dentro do âmbito industrial automotivo e continuando a análise de problemas com fornecedores, observam-se indícios da utilização da flexibilidade de volume, da flexibilidade de produto e da flexibilidade de entrega. Já as demais indústrias (vidro, pneu, equipamento e química) relatam a inexistência de tipos de flexibilidade de manufatura para o tratamento desse tipo de problema, com algumas poucas exceções apontando timidamente para a flexibilidade de entrega, flexibilidade de mix, flexibilidade de operação e flexibilidade de máquina;
- Para os problemas relacionados à indisponibilidade de equipamentos, observa-se a apresentação da flexibilidade de máquina como potencial solucionador ou minimizador desse tipo de problema. Além desse tipo de flexibilidade, as empresas pesquisadas também relacionam, de forma pouco representativa, a utilização das flexibilidades de operação, de roteamento, de volume e a flexibilidade de expansão para a solução de problemas que se relacionam com a indisponibilidade de equipamentos;
- Para os problemas relacionados com sazonalidade de vendas, instabilidade da demanda, oscilações do mercado, entre outros tipos de problema

similares, as empresas pesquisadas sugerem, de forma intensa, a aplicação das flexibilidades de volume, expansão e a flexibilidade de *mix*.

- Para os problemas relacionados à falha humana, desconhecimento de processos, absenteísmo, entre outros problemas similares, os respondentes, com forte convicção, indicaram a flexibilidade de mão-de-obra;
- Para os problemas relacionados com retrabalho, não-conformidades e coisas do gênero, constatou-se, pela grande maioria das empresas pesquisadas, que não há flexibilidade de manufatura disponível para esses tipos de problemas. Ainda assim, alguns respondentes indicaram, com baixíssima frequência, a flexibilidade de entrega, flexibilidade de volume, flexibilidade de modificação e flexibilidade de expansão.
- Para os problemas de comunicação, falhas de comunicação, erros de comunicação e comunicação deficiente, a grande maioria dos respondentes apontaram a inexistência de dimensões de flexibilidade para problemas dessa natureza. Entretanto, alguns, de forma pouco representativa, sugeriram as flexibilidades de mão-de-obra, flexibilidade de modificação, flexibilidade de entrega e flexibilidade de expansão e flexibilidade de produção.

Para a análise das flexibilidades recomendadas para minimização e/ou mitigação dos demais problemas levantados nessa pesquisa, vide a coluna '*flexibilidade escolhida para solucionar o problema*' dos Quadros 19 ao 26; quadros esses intitulados de análise de incertezas, riscos e problemas na manufatura.

Assim, após a análise desses resultados, julga-se que a Conjectura  $C_3$ <sup>16</sup> é parcialmente refutada para todas as empresas, visto que as flexibilidades de roteamento e de operação, quando da formulação das conjecturas, não foram consideradas fundamentais. Entretanto, essas duas dimensões de flexibilidade se sobressaíram no tratamento de problemas relacionados com o fornecimento de peças e matéria-prima nas empresas montadoras de veículos pesquisadas.

---

<sup>16</sup>  $C_3$  As flexibilidades de expansão, de mão-de-obra, de produção, de *mix* e de máquina são as mais utilizadas pela manufatura, conjunta ou isoladamente, para a solução de problemas.

Além disso, a flexibilidade de produção foi citada pela terceira conjectura como sendo uma das mais utilizadas, fato esse que se constatou inverídico. As demais dimensões de flexibilidade, citadas pela terceira conjectura como sendo as mais utilizadas para a solução de problemas, ou seja, flexibilidade de expansão, mão-de-obra, *mix* e máquina, realmente foram muito citadas pelos respondentes como fundamentais para a solução de problemas na manufatura.

## 6.2 ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA

Da mesma forma que os dados coletados referente às incertezas, riscos e problemas (da seção anterior) foram organizados sob a forma de quadros, as informações sobre a análise da flexibilidade de manufatura, da presente seção, também tomaram o mesmo formato.

Especificamente sobre os Quadros 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36 e 37, explana-se o seguinte:

- A coluna '*tipos de flexibilidade*' informa os principais tipos de flexibilidade que foram abordados na presente pesquisa (vide a justificativa das taxonomias adotadas no capítulo 2, subitem 2.7), sendo uma parte pré-preenchida no instrumento de coleta de dados. As demais colunas do quadro, que se referem à avaliação dos respondentes, estão diretamente ligadas e relacionadas ao tipo de flexibilidade dessa coluna (primeira coluna). Essa coluna é oriunda da Questão 3 do instrumento de coleta de dados (para mais informações, vide Figura 29)<sup>17</sup> ;
- As colunas '1', '2', '3', '4' e '5', se referem ao grau da avaliação que foi imputado para cada tipo de flexibilidade, onde '1' significa que a flexibilidade avaliada não ajuda em nada na solução de problemas na manufatura; '2' significa que ajuda pouco; '3' significa que ajuda razoavelmente; '4' significa que ajuda bastante; e '5' significa que a dimensão de flexibilidade de manufatura avaliada é imprescindível para a

---

<sup>17</sup> Para uma melhor compreensão dessa coluna e, também, das próximas que serão explicadas, recomenda-se uma análise prévia das questões do instrumento de coleta de dados, representadas pelas Figuras 29 e 31. Caso a leitura das questões que se encontram nessas figuras não esteja nítida, recomenda-se a leitura do Quadro 1.

indústria. A marcação de cada coluna com uma letra ‘X’ indica o julgamento que o respondente fez, em particular, para cada tipo de flexibilidade de manufatura avaliada;

- A coluna ‘*média*’ e ‘*mediana*’ apresentam as medidas de centro, oriundas da mensuração estatística das colunas de avaliação anteriormente descritas. Essas medidas serão utilizadas no teste de Kruskal-Wallis e no teste de concordância de Kendall, cuja finalidade já foi explicitada no capítulo que envolve os aspectos metodológicos da pesquisa, seção 2.5 (tratamento e análise de dados);
- A coluna ‘*composição dos tipos de flexibilidade*’ mostra os tipos de flexibilidade de manufatura que os respondentes, diante da escassez de recursos para investimentos em flexibilidade de manufatura, escolheriam incorporar em seu ambiente de manufatura, formando assim as ‘carteiras de flexibilidade’, ou seja, as flexibilidades bem mais apropriadas para a solução de problemas na indústria (Vide Questão 5 do instrumento de coleta de dados – Figura 31);
- A coluna ‘*fator flex.*’ calcula a competência de cada tipo de flexibilidade para o tratamento dos problemas que ocorrem na manufatura, segundo os seguintes critérios: média do julgamento de cada tipo de flexibilidade vezes o número de vezes que esse mesmo tipo de flexibilidade foi escolhido para compor uma carteira de flexibilidade. O cálculo é realizado multiplicando-se o resultado da coluna da ‘*média*’, pelo número de quadrados da coluna de ‘*composição dos tipos de flexibilidade*’. Nesse momento, ressalta-se que quanto maior for o Fator flex., mais essencial é aquele tipo de flexibilidade para a solução de problemas na manufatura.

Uma vez explicado como cada quadro de análise de flexibilidade de manufatura foi construído, parte-se para análise dos mesmos (Quadros 28 ao 31 e Quadros 34 ao 37), conforme segue.

Quadro 28: Análise de flexibilidade de manufatura na montadora de veículos um

MONTADORA DE VEÍCULOS UM – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA									
Tipos de flexibilidade	CLASSIFICAÇÃO							Composição dos tipos de flexibilidade	Fator Flex.
	Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)								
	1	2	3	4	5	Mediana	Média		
Flexibilidade de entrega			XX	XX	X	4,0	3,8	■	3,8
Flexibilidade de expansão			X	X X	XX	4,0	4,2	■■■	12,6
Flexibilidade de máquina				XX	XXX	5,0	4,6	■■■■	18,4
Flexibilidade de mão-de-obra				XXX	XX	4,0	4,4	■■■	13,2
Flexibilidade de mix			X	XX	XX	4,0	4,2	■■■	12,6
Flexibilidade de modificação		XX	X	X	X	3,0	3,2	■	3,2
Flexibilidade de movimentação de material	X		X	XXX		4,0	3,2		0,0
Flexibilidade de operação				XX	XX X	5,0	4,6	■■■■■	23,0
Flexibilidade de produção				XXX XX		4,0	4,0		0,0
Flexibilidade de produto			XXXX X			3,0	3,0		0,0
Flexibilidade de roteamento				X XX	X X	4,0	4,4	■■■■	17,6
Flexibilidade de volume				XX	XXX	5,0	4,6	■■■	13,8

Quadro 29: Análise de flexibilidade de manufatura na montadora de veículos dois

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS DOIS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA</b>									
<b>Tipos de flexibilidade</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b> Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)						<b>Composição dos tipos de flexibilidade</b>	<b>Fator Flex.</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Mediana</b>			<b>Média</b>
Flexibilidade de entrega		X	XX		XX	3,0	3,6	■ ■	7,20
Flexibilidade de expansão			X	XXX	X	4,0	4,0	■ ■ ■	12,0
Flexibilidade de máquina			X	X	X XX	5,0	4,4	■ ■ ■ ■	17,6
Flexibilidade de mão-de-obra				X X	XXX	5,0	4,6	■ ■ ■ ■	18,4
Flexibilidade de mix			X		X XXX	5,0	4,6	■ ■ ■ ■	18,4
Flexibilidade de modificação			XXX	X X		3,0	3,4		0,0
Flexibilidade de movimentação de material			X XXX	X		3,0	3,2		0,0
Flexibilidade de operação					XXX X X	5,0	5,0	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de produção			X XX	XX		3,0	3,4		0,0
Flexibilidade de produto			XXX XX			3,0	3,0		0,0
Flexibilidade de roteamento			X	XXX	X	4,0	4,0	■ ■	8,0
Flexibilidade de volume				X XX	XX	4,0	4,4	■ ■	8,8

Quadro 30: Análise de flexibilidade de manufatura na montadora de veículos três

<b>MONTADORA DE VEÍCULOS TRÊS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA</b>									
<b>Tipos de flexibilidade</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b> Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)							<b>Composição dos tipos de flexibilidade</b>	<b>Fator Flex.</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Mediana</b>	<b>Média</b>		
Flexibilidade de entrega			X X	X XX		<b>4,0</b>	<b>3,6</b>	■	3,60
Flexibilidade de expansão				X X	X XX	<b>5,0</b>	<b>4,6</b>	■■■	13,8
Flexibilidade de máquina				X	X X X X	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	■■■■■	24,0
Flexibilidade de mão-de-obra				X XX	X X	<b>4,0</b>	<b>4,4</b>	■■■	13,2
Flexibilidade de mix				X	X X XX	<b>5,0</b>	<b>4,8</b>	■■■■	19,2
Flexibilidade de modificação		XX	X XX			<b>3,0</b>	<b>2,6</b>		0,0
Flexibilidade de movimentação de material	X	X X	XX			<b>2,0</b>	<b>2,2</b>		0,0
Flexibilidade de operação		X		X X	X X	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>	■■■	12,0
Flexibilidade de produção			X XX	X	X	<b>3,0</b>	<b>3,6</b>	■	3,6
Flexibilidade de produto		X X	X XX			<b>3,0</b>	<b>2,6</b>		0,0
Flexibilidade de roteamento			X	X	X X X	<b>5,0</b>	<b>4,4</b>	■■■	13,2
Flexibilidade de volume				X X	X XX	<b>5,0</b>	<b>4,6</b>	■■■■	18,4

Quadro 31: Análise de flexibilidade de manufatura na montadora de veículos quatro

MONTADORA DE VEÍCULOS QUATRO – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA									
Tipos de flexibilidade	CLASSIFICAÇÃO Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)							Composição dos tipos de flexibilidade	Fator Flex.
	1	2	3	4	5	Mediana	Média		
Flexibilidade de entrega			X X	X X X		4,0	3,6	■	3,6
Flexibilidade de expansão				X X	X X X	5,0	4,6	■■■	13,8
Flexibilidade de máquina				X X X	X X	4,0	4,4	■■■	13,2
Flexibilidade de mão-de-obra				X X X	X X	4,0	4,4	■■■	13,2
Flexibilidade de mix				X	X X X X	5,0	4,8	■■■■■	24,0
Flexibilidade de modificação			X X X X	X		3,0	3,2		0,0
Flexibilidade de movimentação de material	X X	X X	X			2,0	1,8		0,0
Flexibilidade de operação				X X X X	X	4,0	4,2	■■■■■	16,8
Flexibilidade de produção		X	X X	X	X	3,0	3,4	■	3,4
Flexibilidade de produto		X X X X	X			2,0	2,2		0,0
Flexibilidade de roteamento			X X	X X X		4,0	3,6	■■	7,2
Flexibilidade de volume				X X	X X X	5,0	4,6	■■■	13,8

Após uma cuidadosa observação nos quadros sobre a análise de flexibilidade na manufatura nas montadoras de veículos (Quadros 28 ao 31), constata-se que as flexibilidades que mais ajudam a solucionar problemas na manufatura, nesse segmento de empresas, são as flexibilidades de *mix* (4,2; 4,6; 4,8 e 4,8)<sup>18</sup> [4,6]<sup>19</sup>, de volume (4,6; 4,4; 4,6; 4,6) [4,55], de máquina (4,6; 4,4; 4,8 e 4,4) [4,55], de operação (4,6; 5,0; 4,0; e 4,2) [4,45], de mão-de-obra (4,4; 4,6; 4,4 e 4,4) [4,45], de expansão (4,2; 4,0; 4,6 e 4,6) [4,35] e de roteamento (4,4; 4,0; 4,4 e 3,6) [4,10].

Ainda, sobre as flexibilidades que mais ajudam na solução de problemas na manufatura, existem outros resultados importantes a serem explorados. Diante dessa oportunidade, porém por conta da dificuldade de se analisar quatro quadros

<sup>18</sup> Os números entre parênteses mostram as médias obtidas na avaliação por cada tipo de flexibilidade.

<sup>19</sup> Os números entre colchetes representam a média das médias de cada tipo de flexibilidade.

concomitantemente, desenvolveu-se um quadro síntese para facilitar a extração e a interpretação dos dados.

Quanto ao quadro síntese (Quadro 32), esclarece-se o seguinte: a) os significados das abreviaturas (M, CTF, FF e MFF) são explicados na legenda que consta na última linha do quadro; b) o valor de cada MFF foi obtido por meio de uma média simples das quatro colunas FF. Por exemplo, o MFF da linha de flexibilidade de operação foi de 19,20, sendo obtido pelo seguinte cálculo:  $(23,0 + 25,0 + 12,0 + 16,8) \div 4 = 19,20$ .

Quadro 32: Resumo da análise de flexibilidade de manufatura nas montadoras de veículos

QUADRO RESUMO DE ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA PARA AS MONTADORAS DE VEÍCULOS													
Tipos de flexibilidade	Montadora de Veículos 1			Montadora de Veículos 2			Montadora de Veículos 3			Montadora de Veículos 4			M F F
	M	CTF	FF	M		FF	M	CTF	FF	M	CTF	FF	
Flexibilidade de entrega	3,8	■	3,8	3,6	■■	7,20	3,6	■	3,60	3,6	■	3,6	4,55
Flexibilidade de expansão	4,2	■■■	12,6	4,0	■■■	12,0	4,6	■■■	13,8	4,6	■■■	13,8	13,05
Flexibilidade de máquina	4,6	■■■■	18,4	4,4	■■■■	17,6	4,8	■■■■■	24,0	4,4	■■■	13,2	18,30
Flexibilidade de mão-de-obra	4,4	■■■	13,2	4,6	■■■■	18,4	4,4	■■■	13,2	4,4	■■■	13,2	14,50
Flexibilidade de mix	4,2	■■■	12,6	4,6	■■■■	18,4	4,8	■■■■	19,2	4,8	■■■■■	24,0	18,55
Flexibilidade de modificação	3,2	■	3,2	3,4		0,0	2,6		0,0	3,2		0,0	0,80
Flexibilidade de movimentação de material	3,2		0,0	3,2		0,0	2,2		0,0	1,8		0,0	0,00
Flexibilidade de operação	4,6	■■■■■	23,0	5,0	■■■■■	25,0	4,0	■■■	12,0	4,2	■■■■	16,8	19,20
Flexibilidade de produção	4,0		0,0	3,4		0,0	3,6	■	3,6	3,4	■	3,4	1,75
Flexibilidade de produto	3,0		0,0	3,0		0,0	2,6		0,0	2,2		0,0	0,00
Flexibilidade de roteamento	4,4	■■■■	17,6	4,0	■■	8,0	4,4	■■■	13,2	3,6	■■	7,2	11,50
Flexibilidade de volume	4,6	■■■	13,8	4,4	■■	8,8	4,6	■■■■	18,4	4,6	■■■	13,8	13,70

LEGENDA DA TABELA

M = Média das avaliações sobre a ajuda que a flexibilidade proporciona à manufatura  
 CTF = Composição dos tipos de flexibilidade de manufatura primordiais para investimento  
 FF = Fator de flexibilidade, que associa as duas medidas anteriores  
 MFF = Média geral dos fatores de flexibilidade das quatro montadoras de veículos

Observando-se o Quadro 32, constata-se que a flexibilidade de operação {19,20}<sup>20</sup>, a flexibilidade de *mix* {18,55} e a flexibilidade de máquina {18,30} possuem os maiores MFF's, sendo, portanto, as flexibilidades mais adequadas, segundo a percepção dos respondentes, para compor uma carteira de flexibilidade na indústria automotiva.

Após essas constatações, parte-se para a verificação das amostras e se elas pertencem a uma mesma população, ou seja, se as quatro amostras independentes, das montadoras de veículos pesquisadas, são provenientes de uma mesma população. Para tal, conforme se preconizou na seção 2.5, segue-se com a análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis.

As Figuras 74 e 75 mostram os resultados do teste de Kruskal-Wallis, obtidos quando da aplicação do *software* BioEstat. Sobre essas figuras, explana-se o seguinte:

- As informações sobre as medianas (Figura 74) e sobre as médias (Figura 75), oriundas dos Quadros 28, 29, 30 e 31, foram lançadas no BioEstat, conforme ilustra o retângulo dentro dessas figuras, ao centro e mais a esquerda, intitulado “KRUSKALL WALLIS MEDIANA VEÍCULOS”. Reforça-se, aqui, que essas medianas e médias refletem a percepção dos respondentes sobre a capacidade de cada tipo de flexibilidade ajudar na solução de problemas, na manufatura, das montadoras de veículos pesquisadas.
- Os resultados da aplicação do teste de Kruskal-Wallis encontram-se no quadrado, também dentro das respectivas figuras, ao centro e mais à direita, intitulado “Teste de Kruskal-Wallis”. Nesse quadrado, constata-se que as amostras das quatro montadoras de veículos pertencem a uma mesma população, demonstrando uma conformidade nos resultados auferidos, uma vez que o valor de (p) é elevado (igual a 0,9733 quando se utiliza a média e 0,8894 quando se utiliza a mediana), em relação ao nível de significância de 0,05. Isso nos permite concluir que há um alto grau de homogeneidade nas respostas das amostras das quatro montadoras de veículos pesquisadas. Vide as Figuras 74 e 75.

---

<sup>20</sup> Os números entre chaves mostram as médias do fator flex. de cada tipo de flexibilidade, ou seja, a MFF

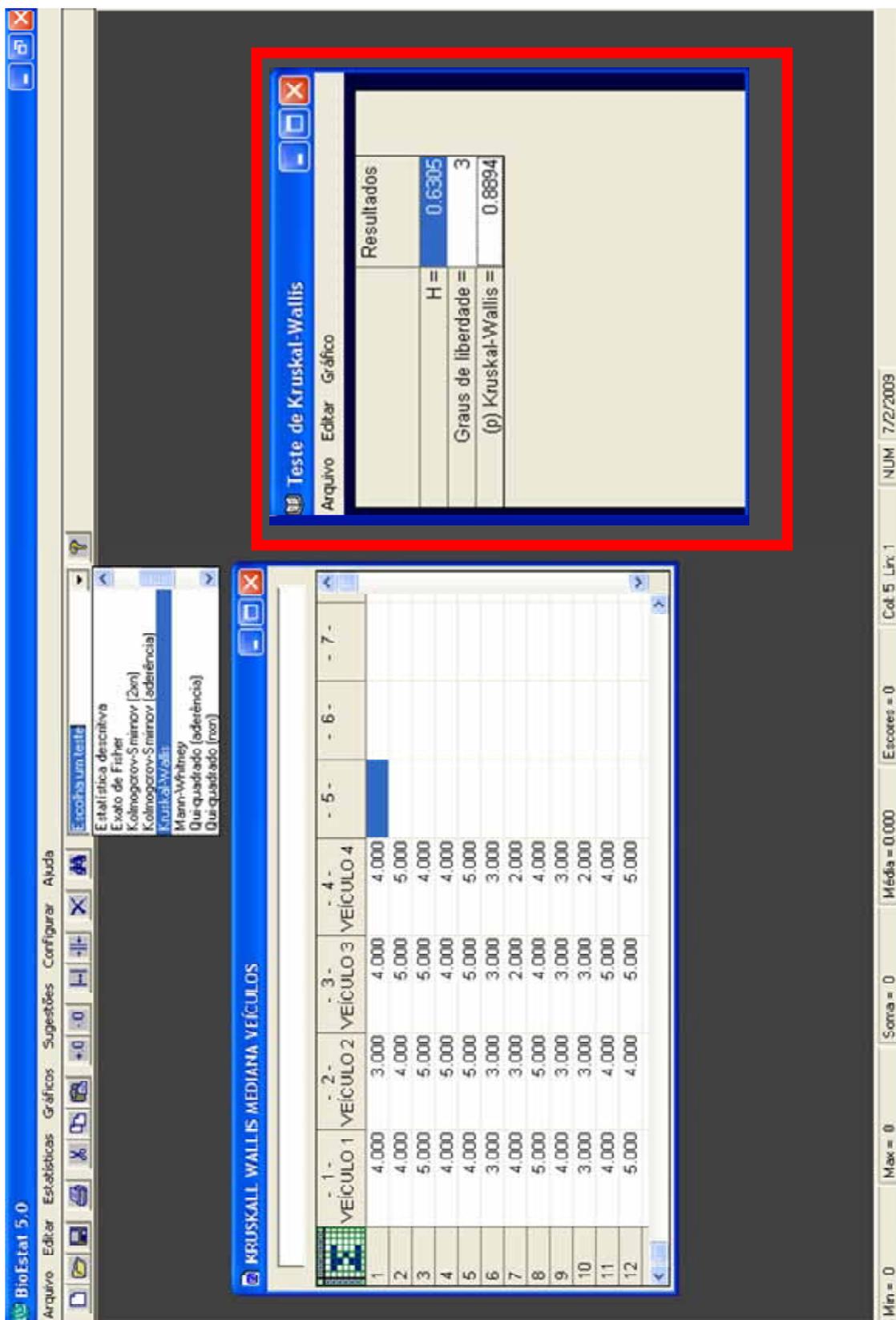


Figura 74: Resultados do teste de Kruskal-Wallis das amostras das montadoras de veículos (mediana)

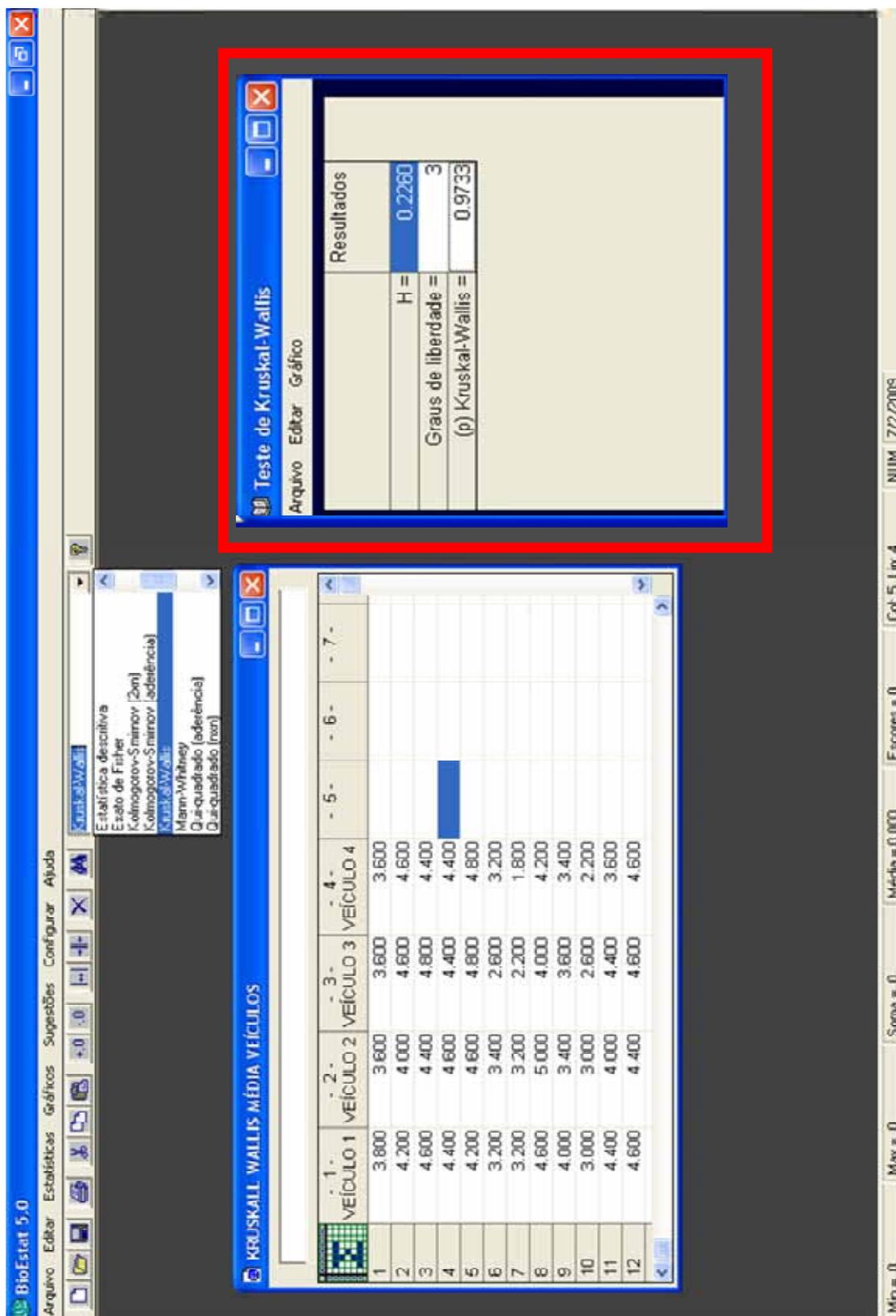


Figura 75: Resultados do teste de Kruskal-Wallis das amostras das montadoras de veículos (média)

Entretanto, esse teste (Kruskal-Wallis) não mostra qual é o grau de concordância entre os respondentes e, devido a isso, os dados foram organizados para, posteriormente, serem analisados estatisticamente pelo teste de concordância de Kendall. Esse teste informará, de forma precisa, qual é o nível de concordância entre os entrevistados das quatro montadoras de veículos. O Quadro 33 mostra como os dados foram preparados para esse teste. Os mesmos devem ser horizontalizados (linhas ao centro do Quadro 33) e ordenados em postos (linhas ao final do Quadro 33).

Quadro 33: Preparação de dados para o teste de concordância de Kendall para as montadoras de veículos

<b>DADOS UTILIZADOS PARA O TESTE DE KRUSKAL-WALLIS, A SEREM ORGANIZADOS PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
				MV1	MV2	MV3	MV4						
				3.8	3.6	3.6	3.6						
				4.2	4.0	4.6	4.6						
				4.6	4.4	4.8	4.4						
				4.4	4.6	4.4	4.4						
				4.2	4.6	4.8	4.8						
				3.2	3.4	2.6	3.2						
				3.2	3.2	2.2	1.8						
				4.6	5.0	4.0	4.2						
				4.0	3.4	3.6	3.4						
				3.0	3.0	2.6	2.2						
				4.4	4.0	4.4	3.6						
				4.6	4.4	4.6	4.6						
<b>HORIZONTALIZAÇÃO DA MATRIZ PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
MV1*	3.8	4.2	4.6	4.4	4.2	3.2	3.2	4.6	4.0	3.0	4.4	4.6	
MV2	3.6	4.0	4.4	4.6	4.6	3.4	3.2	5.0	3.4	3.0	4.0	4.4	
MV3	3.6	4.6	4.8	4.4	4.8	2.6	2.2	4.0	3.6	2.6	4.4	4.6	
MV4	3.6	4.6	4.4	4.4	4.8	3.2	1.8	4.2	3.4	2.2	3.6	4.6	
<b>CONVERSÃO DOS DADOS DA MATRIZ HORIZONTALIZADA EM POSTOS PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
MV1	4.0	6.5	11.0	8.5	6.5	2.5	2.5	11.0	5.0	1.0	8.5	11.0	
MV2	5.0	6.5	8.5	10.5	10.5	3.5	2.0	12.0	3.5	1.0	6.5	8.5	
MV3	4.5	9.5	11.5	7.5	11.5	2.5	1.0	6.0	4.5	2.5	7.5	9.5	
MV4	5.5	10.5	8.5	8.5	12.0	3.0	1.0	7.0	4.0	2.0	5.5	10.5	
* MV1, MV2, MV3 e MV4 são abreviações de Montadora de Veículos um, dois, três e quatro													

Analisando-se o quadro de resultados (na parte superior e à direita da Figura 76) do teste de concordância de Kendall, constata-se um nível de concordância de quase 85% ( $W = 0,8487$ ). A interpretação desse teste confirma que, no que diz respeito à solução de problemas na manufatura desse ramo de atividade, os respondentes concordam em 85% com as classificações efetuadas para os diferentes tipos de flexibilidade de manufatura.

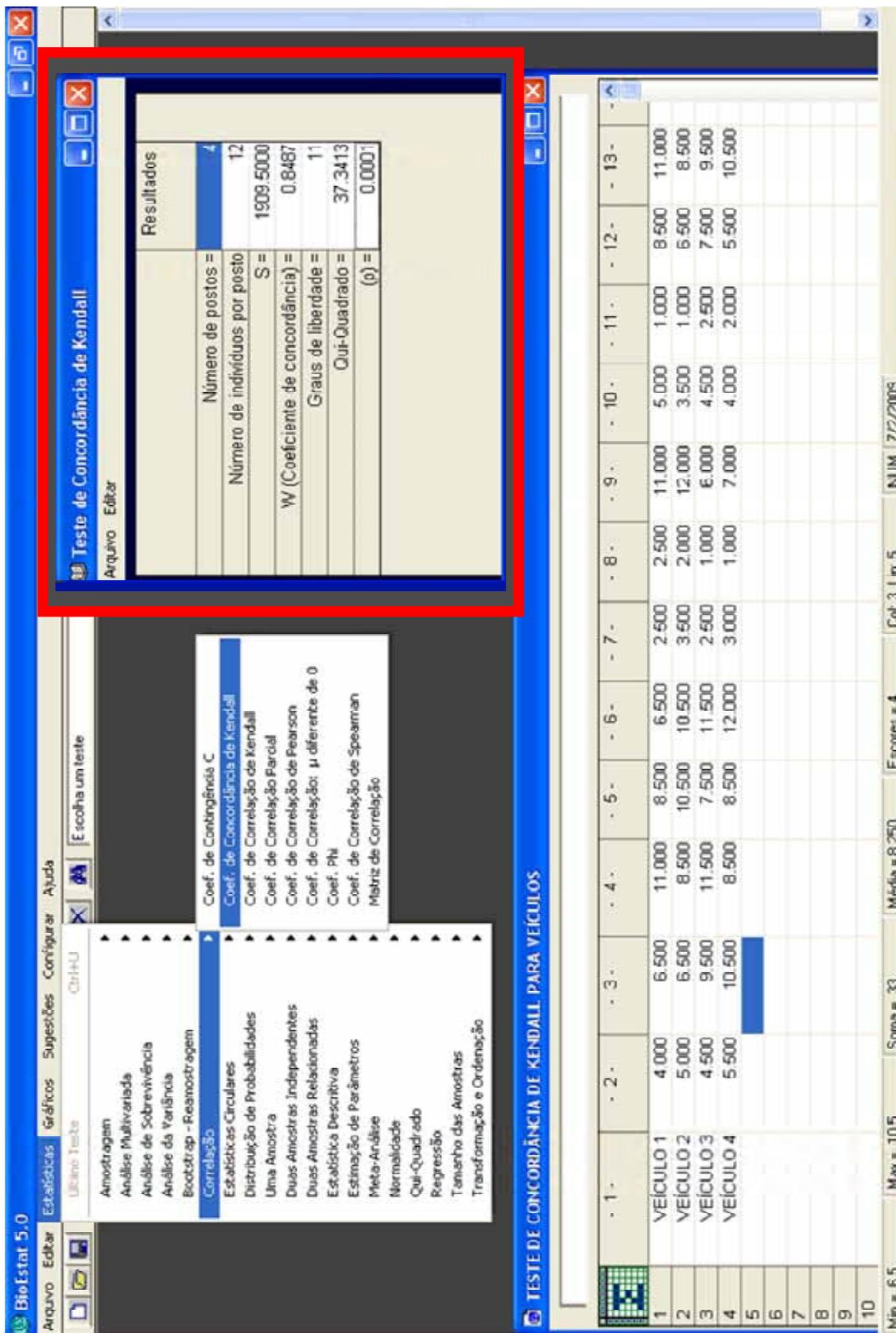


Figura 76: Resultados do teste de concordância de Kendall das amostras das montadoras de veículos

Diante dessa constatação, respalda-se a faculdade de se sugerir previamente, para outras empresas desse mesmo segmento empresarial, a aplicação daqueles tipos de flexibilidade que foram considerados como imprescindíveis ou que ajudam bastante na solução de problemas da manufatura. Isso permitirá que outras montadoras de veículos tenham, antemão, um estudo que lhes ajudem a definir quais tipos de flexibilidade adotar e para quais tipos de problemas.

Continuando com a análise de resultados, os Quadros 34, 35, 36 e 37, condensarão a tabulação dos dados coletados nos instrumentos de coletas de dados aplicados às demais indústrias pesquisadas (de vidro, de equipamentos, química e de pneus). Ressalta-se que esses quadros possuem o mesmo formato daqueles utilizados para a tabulação dos dados das montadoras de veículos pesquisadas.

Quadro 34: Análise de flexibilidade de manufatura na indústria química

INDÚSTRIA QUÍMICA – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA									
Tipos de flexibilidade	CLASSIFICAÇÃO							Composição dos tipos de flexibilidade	Fator Flex.
	Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)								
	1	2	3	4	5	Mediana	Média		
Flexibilidade de entrega	X	X X X	X			2,0	2,0		0,0
Flexibilidade de expansão			X X X	X X		3,0	3,4	■	3,4
Flexibilidade de máquina		X X	X X X			3,0	2,6		0,0
Flexibilidade de mão-de-obra			X	X X X	X	4,0	4,0	■■■■■	16,0
Flexibilidade de mix				X X	X X X	5,0	4,6	■■■■■	18,4
Flexibilidade de modificação		X X X X	X			2,0	2,2		0,0
Flexibilidade de movimentação de material	X	X X X X				2,0	1,8		0,0
Flexibilidade de operação	X	X X X	X			2,0	2,0		0,0
Flexibilidade de produção			X		X X X X	5,0	4,6	■■■■■	18,4
Flexibilidade de produto			X X	X X X		4,0	3,6		0,0
Flexibilidade de roteamento	X X X	X X				1,0	1,4		0,0
Flexibilidade de volume				X X	X X X	5,0	4,6	■■■■■	18,4

Quadro 35: Análise de flexibilidade de manufatura na indústria de vidros

<b>INDÚSTRIA DE VIDROS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA</b>									
<b>Tipos de flexibilidade</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b> Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)							<b>Composição dos tipos de flexibilidade</b>	<b>Fator Flex.</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Mediana</b>	<b>Média</b>		
Flexibilidade de entrega					X X X X X	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de expansão					X X X X X	<b>5,0</b>	<b>5,0</b>	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de máquina		X X X	X X			<b>2,0</b>	<b>2,4</b>		0,0
Flexibilidade de mão-de-obra			X X X	X X		<b>3,0</b>	<b>3,4</b>	■ ■	6,8
Flexibilidade de mix		X X X	X X			<b>2,0</b>	<b>2,4</b>		0
Flexibilidade de modificação			X X	X X	X	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>	■	3,8
Flexibilidade de movimentação de material	X	X X X	X			<b>2,0</b>	<b>2,0</b>		0,0
Flexibilidade de operação	X		X X X X			<b>3,0</b>	<b>2,6</b>		0,0
Flexibilidade de produção		X X	X X X			<b>3,0</b>	<b>2,6</b>		0,0
Flexibilidade de produto	X	X	X X X			<b>3,0</b>	<b>2,4</b>		0,0
Flexibilidade de roteamento	X X	X X X				<b>2,0</b>	<b>1,6</b>		0,0
Flexibilidade de volume				X X	X X X	<b>5,0</b>	<b>4,6</b>	■ ■ ■ ■ ■	18,4

Quadro 36: Análise de flexibilidade de manufatura na indústria de equipamentos

INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA									
Tipos de flexibilidade	CLASSIFICAÇÃO							Composição dos tipos de flexibilidade	Fator Flex.
	Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)								
	1	2	3	4	5	Mediana	Média		
Flexibilidade de entrega			X	X X	X X	4,0	4,2	■ ■	8,4
Flexibilidade de expansão			X X X X		X	3,0	3,4	■	3,4
Flexibilidade de máquina					X X X X X	5,0	5,0	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de mão-de-obra					X X X X X	5,0	5,0	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de mix					X X X X X	5,0	5,0	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de modificação				X X	X X X	5,0	4,6	■ ■ ■	13,8
Flexibilidade de movimentação de material			X X X	X	X	3,0	3,6	■	3,6
Flexibilidade de operação			X X X	X X		3,0	3,4		0,0
Flexibilidade de produção			X X X X	X		3,0	3,2		0,0
Flexibilidade de produto					X X X X X	5,0	5,0	■ ■ ■ ■ ■	25,0
Flexibilidade de roteamento			X X X	XX		3,0	3,4		0,0
Flexibilidade de volume			X	X	X X X	5,0	4,4	■ ■ ■	13,2

Quadro 37: Análise de flexibilidade de manufatura na indústria de pneus

INDÚSTRIA DE PNEUS – ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA									
Tipos de flexibilidade	CLASSIFICAÇÃO							Composição dos tipos de flexibilidade	Fator Flex.
	Não ajuda (1); Ajuda pouco (2); Ajuda razoavelmente (3); Ajuda bastante (4); É imprescindível (5)								
	1	2	3	4	5	Mediana	Média		
Flexibilidade de entrega		X	X X X	X		3,0	3,0	■	3,0
Flexibilidade de expansão			X	X X	X X	4,0	4,2	■■	8,4
Flexibilidade de máquina				X X	X X X	5,0	4,6	■■■■■	18,4
Flexibilidade de mão-de-obra				X X	X X X	5,0	4,6	■■■■■	23,0
Flexibilidade de mix			X X X X	X		3,0	3,2		0,0
Flexibilidade de modificação	X	X	X X X			3,0	2,4		0,0
Flexibilidade de movimentação de material	X	X	X X X			3,0	2,4		0,0
Flexibilidade de operação	X	X	X X X			3,0	2,4		0,0
Flexibilidade de produção			X X X X		X	3,0	3,4	■	3,4
Flexibilidade de produto	X	X X	X X			2,0	2,2		0,0
Flexibilidade de roteamento	X	X	X X X			3,0	2,4		0,0
Flexibilidade de volume				X X X	X X	4,0	4,4	■■■■■	17,6

Após observação dos Quadros 34, 35, 36 e 37, constata-se o seguinte:

- Com exceção da flexibilidade de volume, cuja média aparece nas quatro empresas pesquisadas com um escore que varia entre 4,4 e 4,6, a prioridade por demais flexibilidades são dispares. Na indústria química, por exemplo, os tipos de flexibilidade com maiores escores são as flexibilidades de volume e de *mix* (empatadas com 4,6); na indústria de vidros, observa-se um empate entre as flexibilidades que mais auxiliam na solução de problemas nesse tipo de indústria, que são as flexibilidades de entrega e de expansão (empatadas com 5,0); na indústria de equipamentos, as flexibilidades de máquina, mão-de-obra, *mix* e produto estão com um escore igual a 5,0. Na indústria de pneus, as flexibilidades mais demandadas são as de máquina e mão-de-obra (média de 4,6 para ambas).

- A indústria de equipamentos, de todas as oito empresas pesquisadas, é a que mais utiliza flexibilidades de manufatura, adotando as flexibilidades de máquina (5,0), mão-de-obra (5,0), *mix* (5,0), produto (5,0), modificação (4,6), volume (4,4) e entrega (4,2) para a solução de problemas;
- A indústria de vidros, das oito empresas, é a que menos utiliza flexibilidades de manufatura, avaliando a maioria das dimensões como flexibilidades que pouco ajudam na solução de problemas desse ramo de atividade;
- No quesito flexibilidade de manufatura, a indústria de pneus é a que mais se aproxima das montadoras de veículos.

Da mesma forma como foi feito para as montadoras de veículos, pode-se construir um quadro resumo dos resultados obtidos das demais indústrias (Quadro 38).

Quadro 38: Resumo da análise de flexibilidade de manufatura nas demais indústrias

QUADRO RESUMO DE ANÁLISE DE FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA PARA AS INDÚSTRIAS QUÍMICA, DE VIDROS, DE EQUIPAMENTOS E DE PNEUS													
Tipos de flexibilidade	Indústria química			Indústria de vidros			Indústria de equipamentos			Indústria de pneus			M F F
	M	CTF	FF	M	CTF	FF	M	CTF	FF	M	CTF	FF	
Flexibilidade de entrega	2,0		0,0	5,0	■■■■■	25,0	4,2	■■	8,4	3,0	■	3,0	9,10
Flexibilidade de expansão	3,4	■	3,4	5,0	■■■■■	25,0	3,4	■	3,4	4,2	■■	8,4	10,05
Flexibilidade de máquina	2,6		0,0	2,4		0,0	5,0	■■■■■	25,0	4,6	■■■■■	18,4	10,85
Flexibilidade de mão-de-obra	4,0	■■■■■	16,0	3,4	■■	6,8	5,0	■■■■■	25,0	4,6	■■■■■	23,0	17,70
Flexibilidade de <i>mix</i>	4,6	■■■■■	18,4	2,4		0	5,0	■■■■■	25,0	3,2		0,0	10,85
Flexibilidade de modificação	2,2		0,0	3,8	■	3,8	4,6	■■■	13,8	2,4		0,0	4,40
Flexibilidade de movimentação de material	1,8		0,0	2,0		0,0	3,6	■	3,6	2,4		0,0	0,90
Flexibilidade de operação	2,0		0,0	2,6		0,0	3,4		0,0	2,4		0,0	0,00
Flexibilidade de produção	4,6	■■■■■	18,4	2,6		0,0	3,2		0,0	3,4	■	3,4	5,45
Flexibilidade de produto	3,6		0,0	2,4		0,0	5,0	■■■■■	25,0	2,2		0,0	6,25
Flexibilidade de roteamento	1,4		0,0	1,6		0,0	3,4		0,0	2,4		0,0	0,00
Flexibilidade de volume	4,6	■■■■■	18,4	4,6	■■■■■	18,4	4,4	■■■	13,2	4,4	■■■■■	17,6	16,90

M = Média das avaliações sobre a ajuda que a flexibilidade proporciona à manufatura  
 CTF = Composição dos tipos de flexibilidade de manufatura primordiais para investimento  
 FF = Fator de flexibilidade, que associa as duas medidas anteriores  
 MFF = Média geral dos fatores de flexibilidade das quatro empresas pesquisadas

Continuando a análise dos resultados para as demais empresas, parte-se para a verificação das amostras e se elas pertencem a uma mesma população, ou seja, se as quatro amostras independentes provenientes das indústrias de vidro, de equipamentos, de pneus e química são de uma mesma população. Para tal, segue-se com a análise de variância de um fator de Kruskal-Wallis, conforme ilustra as Figuras 77 e 78.

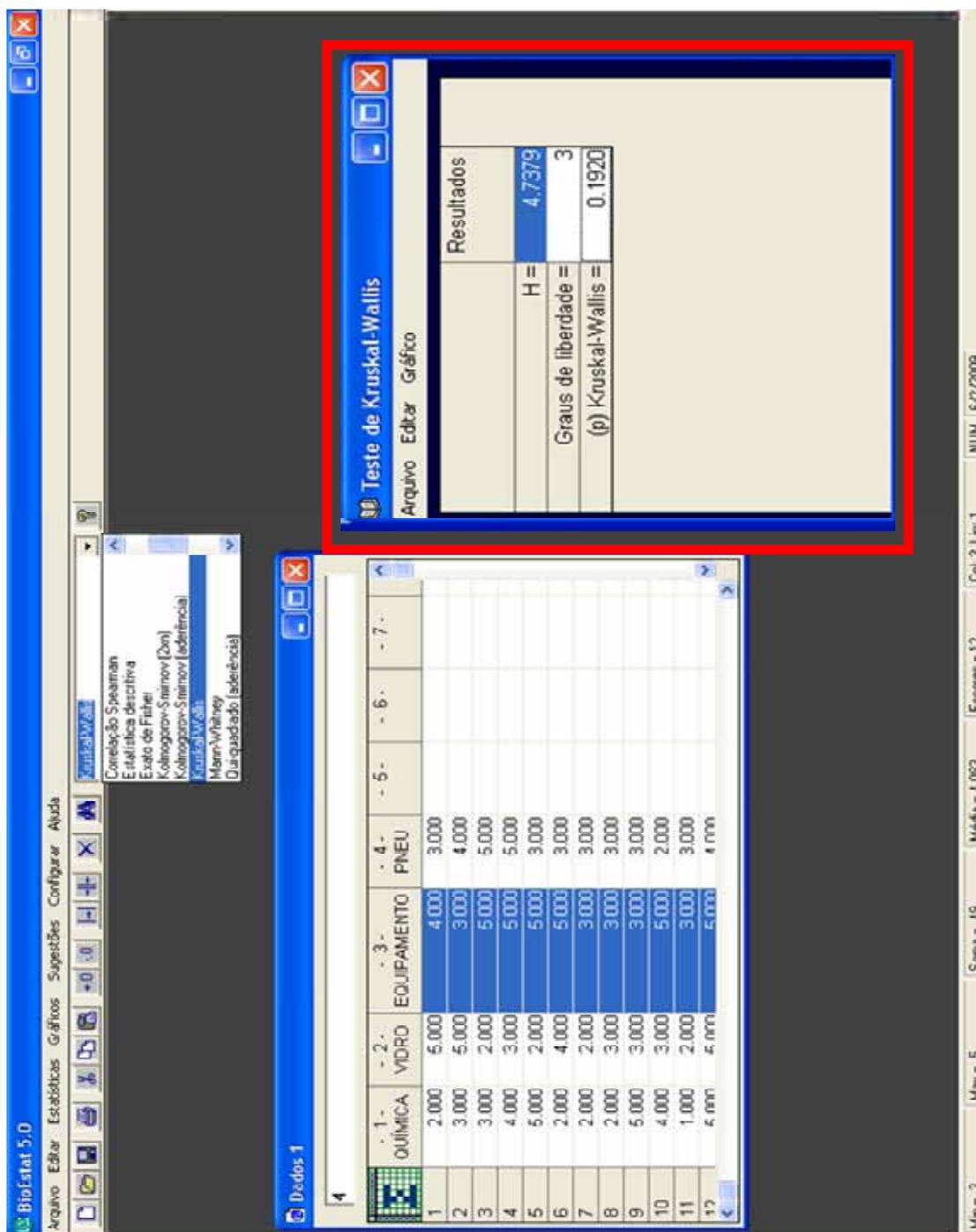


Figura 77: Resultados do teste de Kruskal-Wallis das amostras das outras empresas (mediana)

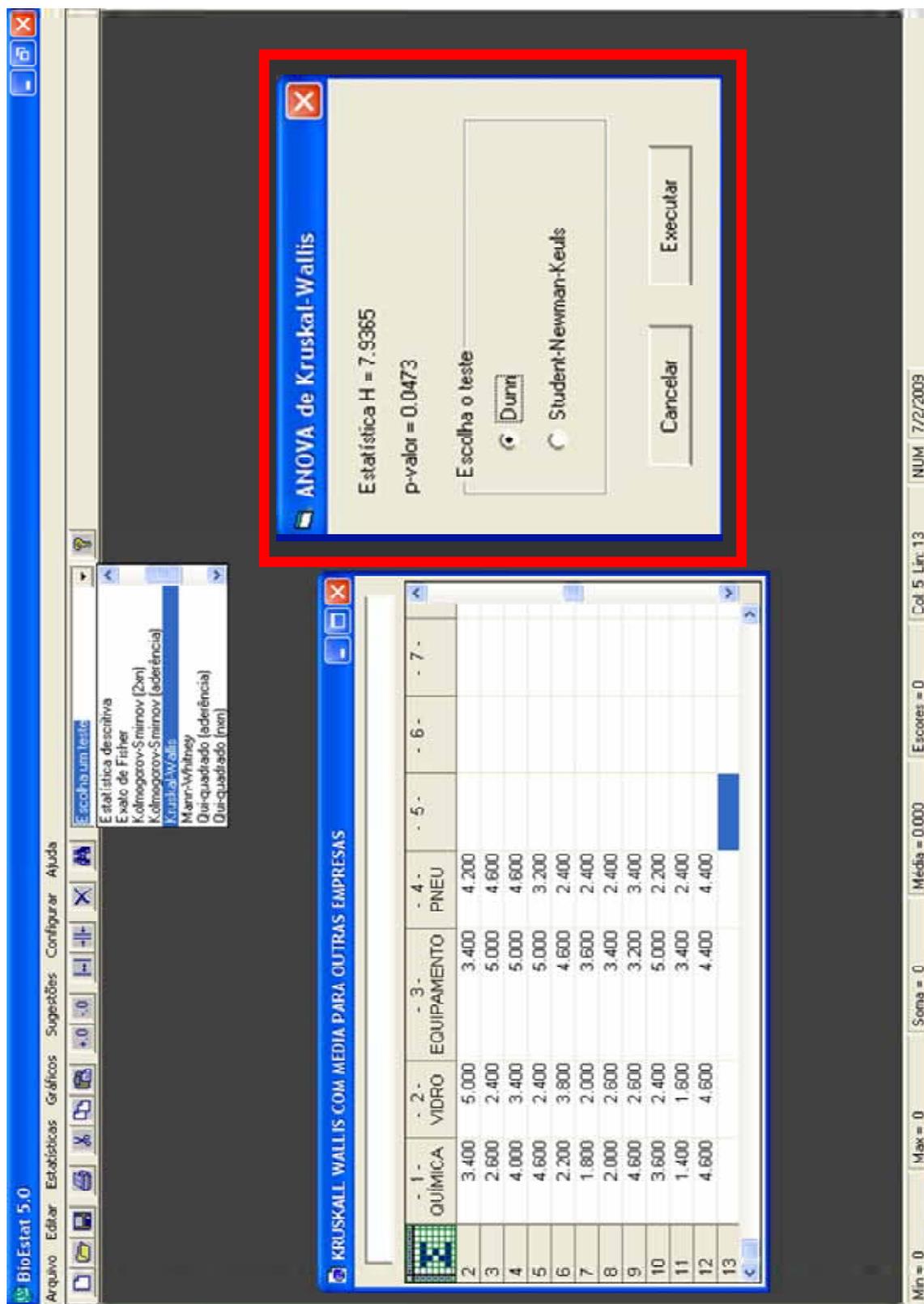


Figura 78: Resultados do teste de Kruskal-Wallis das amostras das outras empresas (média)

Após análise dos resultados do teste de Kruskal-Wallis nas amostras oriundas das indústrias de vidro, de equipamentos, de pneus e química, constata-se que há uma divergência nos resultados quando se alimenta o teste com dados provenientes da mediana e quando se alimenta o teste com dados provenientes da média. No primeiro caso, quando se utilizou a mediana, o teste retornou com a informação de que as amostras pertencem a uma mesma população, visto que  $p = 0,1920$  é maior que o nível de significância de 0,05. Entretanto, quando se utilizou à média, o teste retornou com a informação de que as amostras não são originárias de uma mesma população, uma vez que  $p = 0,0473$  é menor que o nível de significância 0,05. Devido a tal resultado, aplica-se o teste de Dunn para a comparação da média dos postos e determinar qual (is) grupo (s) se difere (m) dos demais. A Figura 79 mostra os resultados do teste de Dunn.

Resultados				
H =	7.9365			
Graus de liberdade =	3			
(p) Kruskal-Wallis =	0.0473			
R 1 =	239.5000			
R 2 =	261.5000			
R 3 =	410.5000			
R 4 =	264.5000			
R 1 (posto médio) =	19.9583			
R 2 (posto médio) =	21.7917			
R 3 (posto médio) =	34.2083			
R 4 (posto médio) =	22.0417			
Comparações (método de Dunn)	Dif. Postos	z calculado	z crítico	p
Postos médios 1 e 2	1.8333	0.3208	2.635	ns
Postos médios 1 e 3	14.2500	2.4932	2.635	ns
Postos médios 1 e 4	2.0833	0.3645	2.635	ns
Postos médios 2 e 3	12.4167	2.1725	2.635	ns
Postos médios 2 e 4	0.2500	0.0437	2.635	ns
Postos médios 3 e 4	12.1667	2.1287	2.635	ns

Figura 79: Resultados do teste de Dunn referente às amostras das outras empresas

Fato é que ambos os resultados ( $p = 0,0473$  para a média;  $p = 0,1920$  para a mediana) são muito inferiores aos resultados obtidos nas empresas montadoras de veículos ( $p = 0,9733$  para a média;  $p = 0,8894$  para a mediana); resultado esse que permite a afirmação de que as percepções dos respondentes dessas amostras são heterogêneas.

Para se confirmar tal asseveração, aplica-se o teste estatístico não-paramétrico de concordância de Kendall, que mostrará qual é o grau de concordância entre os respondentes. Em função desse teste, os dados foram organizados por postos (vide Quadro 39), para somente depois alimentarem o *software* estatístico BioEstat.

Quadro 39: Preparação de dados para o teste de concordância de Kendall para as demais empresas

<b>DADOS UTILIZADOS PARA O TESTE DE KRUSKAL-WALLIS, A SEREM ORGANIZADOS PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
				<b>Q</b>	<b>V</b>	<b>E</b>	<b>P</b>						
				2.0	5.0	4.2	3.0						
				3.4	5.0	3.4	4.2						
				2.6	2.4	5.0	4.6						
				4.0	3.4	5.0	4.6						
				4.6	2.4	5.0	3.2						
				2.2	3.8	4.6	2.4						
				1.8	2.0	3.6	2.4						
				2.0	2.6	3.4	2.4						
				4.6	2.6	3.2	3.4						
				3.6	2.4	5.0	2.2						
				1.4	1.6	3.4	2.4						
				4.6	4.6	4.4	4.4						
<b>HORIZONTALIZAÇÃO DA MATRIZ PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
<b>QUÍMICA</b>	2.0	3.4	2.6	4.0	4.6	2.2	1.8	2.0	4.6	3.6	1.4	4.6	
<b>VIDRO</b>	5.0	5.0	2.4	3.4	2.4	3.8	2.0	2.6	2.6	2.4	1.6	4.6	
<b>EQUIPAMENTO</b>	4.2	3.4	5.0	5.0	5.0	4.6	3.6	3.4	3.2	5.0	3.4	4.4	
<b>PNEU</b>	3.0	4.2	4.6	4.6	3.2	2.4	2.4	2.4	3.4	2.2	2.4	4.4	
<b>CONVERSÃO DOS DADOS DA MATRIZ HORIZONTALIZADA EM POSTOS PARA O TESTE DE CONCORDÂNCIA DE KENDALL</b>													
<b>QUÍMICA</b>	3.5	7.0	6.0	9.0	11.0	5.0	2.0	3.5	11.0	8.0	1.0	11.0	
<b>VIDRO</b>	11.5	11.5	4.0	8.0	4.0	9.0	2.0	6.5	6.5	4.0	1.0	10.0	
<b>EQUIPAMENTO</b>	6.0	3.0	10.5	10.5	10.5	8.0	5.0	3.0	1.0	10.5	3.0	7.0	
<b>PNEU</b>	6.0	9.0	11.5	11.5	7.0	3.5	3.5	3.5	8.0	1.0	3.5	10.0	

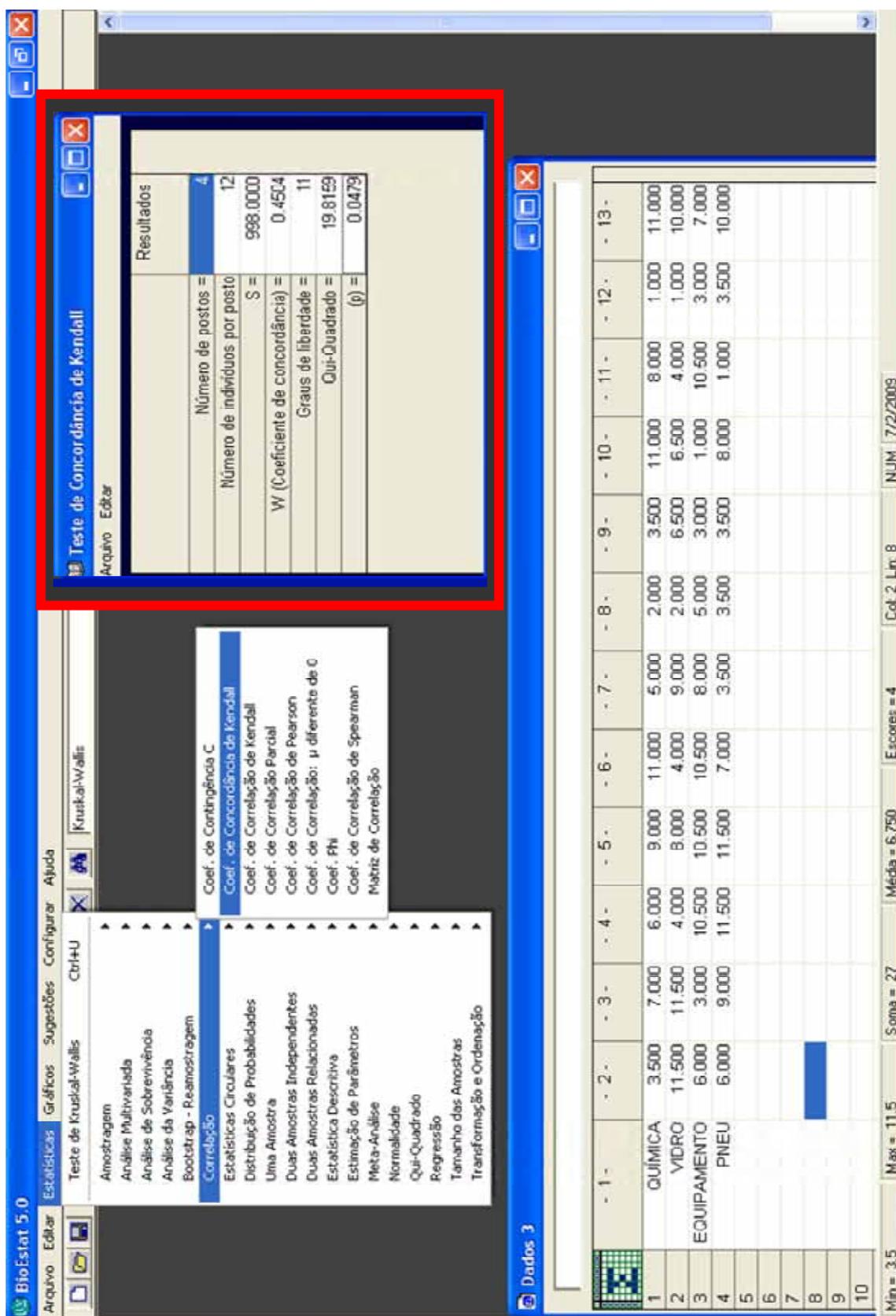


Figura 80: Resultados do teste de concordância de Kendall das amostras das outras empresas

Analisando-se o quadro de resultados do teste de concordância de Kendall na Figura 80 (na parte superior e à direita da figura), constata-se um nível de concordância de 45% ( $W = 0,4504$ ), o que significa que as empresas em análise discordam em 55% sobre o poder de ajuda, na solução de problemas na manufatura, pelos diferentes tipos de flexibilidade. A interpretação desse teste confirma os resultados anteriores já expostos pelos testes de Kruskal-Wallis, ou seja, no que diz respeito à solução de problemas na manufatura desses diferentes segmentos industriais, os respondentes tem pontos de vistas diferentes no tocante às classificações efetuadas para os diferentes tipos de flexibilidade de manufatura.

Diante dessa constatação, ao contrário do que foi sugerido<sup>21</sup> para as montadoras de veículos que não fizeram parte da presente pesquisa, recomenda-se para as indústrias de vidro, de pneus, de equipamentos e química, o aprofundamento em estudos de flexibilidade em empresas de mesmo ramo de atividade (por exemplo, quatro indústrias de vidros, quatro indústrias de pneus, quatro indústrias químicas, etc.), a exemplo do que foi feito com as montadoras de veículos, para que, então, as empresas desses diferentes segmentos industriais possam, com maior grau de propriedade, possuir um estudo que lhes ajudem a definir quais tipos de flexibilidade adotar e para quais tipos de problemas.

Entretanto, caso essas empresas não disponham de tempo, pessoal capacitado, capital entre outros fatores necessários para seguirem essa recomendação, o presente estudo fornece uma noção de quais flexibilidades as indústrias fabricantes de vidros, pneus, equipamentos e produtos químicos poderiam utilizar em suas manufaturas.

Agora, fazendo um comparativo entre a percepção dos respondentes de todas as oito empresas pesquisadas, efetuou-se o teste de concordância de Kendall, conforme mostra a Figura 81. Nesse teste, constata-se que quando todas as empresas são analisadas, conjuntamente, há uma discordância, sobre o poder de ajuda pelos diferentes tipos de flexibilidade na solução de problemas na manufatura de, aproximadamente, 53% ( $W = 0,4741$ ).

---

<sup>21</sup> [...] respalda-se a faculdade de se sugerir previamente, para outras empresas do setor automotivo, a aplicação daqueles tipos de flexibilidade que foram considerados como imprescindíveis ou que ajudam bastante na solução de problemas da manufatura. Isso permitirá que outras montadoras de veículos tenham, antemão, um estudo que lhes ajudem a definir quais tipos de flexibilidade adotar e para quais tipos de problemas.

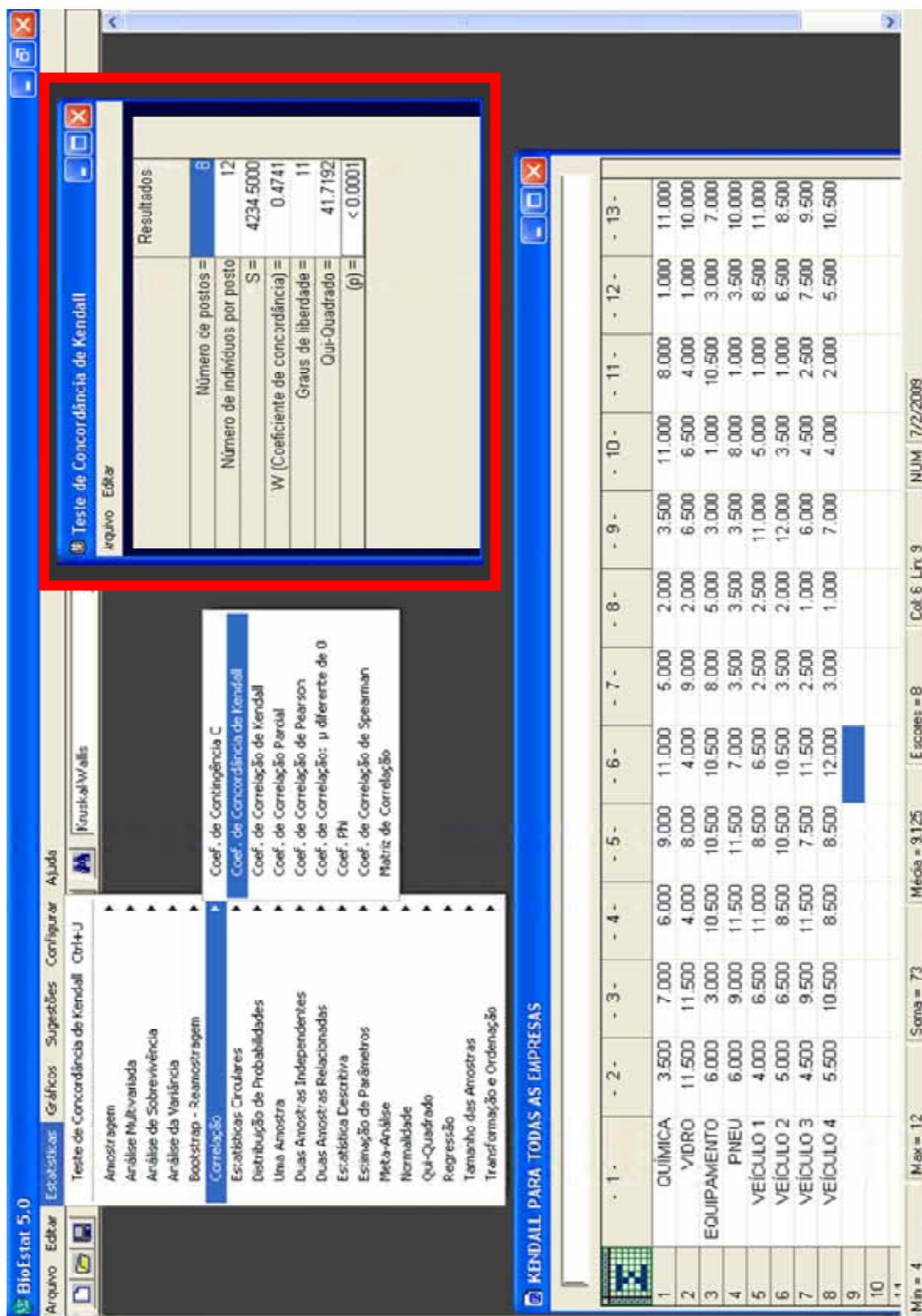


Figura 81: Resultados do teste de concordância de Kendall de todas as empresas juntas

Assim, após a análise dos resultados dessa seção, constata-se que a Conjectura  $C_4$ <sup>22</sup> foi quase que totalmente refutada para as montadoras de veículos, visto que são as flexibilidades de operação, de *mix* e de máquina que se apresentaram como as que mais ajudam a solucionar problemas na manufatura desse segmento de empresas, havendo uma divergência de dois dos três tipos de flexibilidades apontados pela aludida conjectura (expansão, máquina e mão-de-obra).

De forma semelhante, porém para outros tipos de flexibilidade, isso também ocorreu para as indústrias de vidro e química. Confrontando-se os resultados com a referida conjectura, somente a flexibilidade de expansão (para a indústria de vidro) e a flexibilidade mão-de-obra (para a indústria química) constam como uma das três dimensões de flexibilidade levantadas pela Conjectura  $C_4$ .

Já para as indústrias de equipamentos e de pneus, a Conjectura  $C_4$  foi parcialmente aceita, uma vez que as flexibilidades de máquina e de mão-de-obra fazem parte da conjectura supra, sendo igualmente citadas por essas empresas como as que mais ajudam a solucionar problemas na manufatura.

Referente às Conjecturas  $C_5$ <sup>23</sup> e  $C_6$ <sup>24</sup>, julga-se que as mesmas sejam verdadeiras, uma vez que ficou constatado que cada segmento industrial adota uma composição de flexibilidades e que há sim, segundo a percepção dos respondentes, uma combinação de flexibilidades que essas empresas utilizam para minimizar os principais problemas que ocorrem em suas manufaturas.

De um modo geral, as montadoras de veículos, por exemplo, preferem fazer composição de flexibilidades com as flexibilidades de operação, de *mix* e de máquina; A indústria química, por sua vez, compõe ‘carteiras de flexibilidade’ com as flexibilidades de volume, *mix*, produção e mão-de-obra; a indústria de vidros adere à seleção das flexibilidades de entrega, de expansão e de volume; a indústria de equipamentos prefere as flexibilidades de máquina, mão-de-obra, *mix* e produto; e, por fim, a indústria de pneus aglutina as flexibilidades de mão-de-obra, máquina e volume

---

<sup>22</sup>  $C_4$ . As flexibilidades de expansão, de máquina e de mão-de-obra são os tipos que mais ajudam na solução de problemas da indústria.

<sup>23</sup>  $C_5$ . Há uma combinação de diferentes tipos de flexibilidade que minimizam os investimentos em flexibilidade e, também, os problemas na manufatura associados àquela combinação de flexibilidade.

<sup>24</sup>  $C_6$ . Para cada segmento de indústria a ser estudado existe uma diferente combinação de tipos de flexibilidade de manufatura que minimizarão seus riscos e incertezas.

para a minimização de investimentos em flexibilidades que, segundo a percepção dos respondentes dessa indústria, minimizarão os problemas na manufatura.

Por fim, constata-se que nenhuma dimensão de flexibilidade é repetida cinco vezes, ou seja, as demandas por flexibilidade são particulares para cada segmento industrial, tendo, é claro, a preferência industrial comum por alguns tipos, como é o caso das flexibilidades de *mix*, volume, máquina e mão-de-obra. Esses quatro tipos de flexibilidades foram citados, de forma distinta e em combinações diferentes, em três dos cinco segmentos industriais analisados.

### 6.3 DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ DE DECISÃO COM FLEXIBILIDADES DE MANUFATURA PARA GERENCIAMENTO DE RISCOS

Essa seção condensará os resultados das duas seções anteriores, tendo por finalidade desenvolver uma matriz de decisão que facilite os segmentos industriais pesquisados a tomarem decisão quando o assunto for seleção e composição de diferentes tipos de flexibilidade para minimização de problemas na manufatura.

Assim, no caso de uma montadora de veículos qualquer, por exemplo, ter problemas com fornecedores, poderá acessar a matriz de decisão de flexibilidades e verificar qual (is) tipo (s) de flexibilidade (s) pode (m) ser selecionado (s) para a solução do referido problema. Poderá verificar, também, a intensidade de atuação de cada tipo de flexibilidade para solução de um problema em específico. Poderá, ainda, verificar quais flexibilidades são mais importantes para seu segmento em específico, propiciando a escolha apropriada de diferentes tipos de flexibilidades de manufatura para um investimento inicial em desenvolvimento de competências em flexibilidade.

Essa matriz reúne informações, correlacionando-as, sobre os principais problemas levantados, quais segmentos industriais esses problemas ocorrem com maior frequência e intensidade, quais flexibilidades são mais apropriadas para o problema e segmento industrial correlacionado e, por fim, qual a intensidade da flexibilidade para a solução de determinado problema em determinada indústria.

A matriz em questão foi construída a partir dos resultados obtidos durante todo o desenvolvimento do presente capítulo. O Quadro 40 permitirá uma melhor

compreensão do que se propõe a presente seção. Esse quadro deve ser interpretado da seguinte forma:

- A primeira coluna - *problemas mais impactantes que ocorrem na manufatura* - representa os problemas mais relevantes que ocorrem na manufatura dos segmentos industriais pesquisados;
- A segunda coluna - *segmento industrial onde o problema é mais impactante* - está diretamente relacionada à primeira coluna. Aqui constam somente as empresas que julgam os problemas informados na coluna anterior como impactantes para seu processo produtivo;
- A terceira coluna - *flexibilidade mais recomendada para a solução dos problemas* - informa o (s) tipo (s) de flexibilidade que mais se ajustam para a solução daqueles tipos de problemas;
- A quarta coluna - *intensidade da flexibilidade na solução dos problemas apontados* - classifica, segundo a percepção dos respondentes, o poder de atuação de cada tipo de flexibilidade recomendada para a solução de problemas na manufatura. Ressalta-se que esse grau de intensidade foi obtido a partir do número de vezes que cada tipo de flexibilidade foi sugerido para a solução de problemas similares (vide Quadros 19 ao 26). Assim, se na Indústria Química, por exemplo, a flexibilidade de volume foi mencionada por quatro dos cinco respondentes para a solução de um problema em específico, esse tipo de flexibilidade, para esse segmento industrial, foi classificado com intensidade forte para a solução do mencionado problema. A escala dessa classificação foi assim construída: flexibilidade citada quatro vezes – FORTE; flexibilidade citada três vezes – MODERADO (+); flexibilidade citada duas vezes – MODERADO (-); flexibilidade citada uma vez – FRACO. Ressaltam-se, aqui, dois aspectos: a) que nenhum tipo de flexibilidade foi mencionado cinco vezes para a solução de um dado problema em específico; b) que se utilizou a média de vezes citada, de cada tipo de flexibilidade, nas montadoras de veículos pesquisadas;
- Por fim, a legenda, no final do quadro, indica as flexibilidades escolhidas para compor uma carteira de flexibilidade, para as empresas em questão.

Quadro 40: Matriz de decisão para a solução de problemas na manufatura por meio da flexibilidade

<b>MATRIZ DE DECISÃO PARA SOLUÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS NA INDÚSTRIA POR MEIO DA FLEXIBILIDADE DE MANUFATURA</b>			
<b>Problemas mais impactantes que ocorrem na manufatura</b>	<b>Segmento industrial onde o problema é mais impactante</b>	<b>Flexibilidades mais recomendadas para a solução dos problemas</b>	<b>Intensidade da Flexibilidade na solução dos problemas apontados</b>
Instabilidade no fornecimento, atrasos, insumos fora das especificações	Montadoras de Veículos	- Flexibilidade de operação♠	Moderado (+)
		- Flexibilidade de roteamento	Moderado (+)
	Indústria Química	- Não há flexibilidade	-
	Indústria de Equipamentos	- Flexibilidade de mix♣	Moderado (-)
		- Flexibilidade de produto♣	Moderado (-)
		- Flexibilidade de operação	Fraco
Indústria de Pneus	- Flexibilidade de máquina	Fraco	
Indisponibilidade, quebras e falhas de equipamentos	Montadoras de Veículos	- Flexibilidade de máquina♠	Moderado (+)
		- Flexibilidade de roteamento	Moderado (-)
		- Flexibilidade de volume	Fraco
	Indústria Química	- Flexibilidade de máquina	Moderado (-)
		- Flexibilidade de expansão	Fraco
	Indústria de Vidros	- Flexibilidade de máquina	Moderado (-)
		- Flexibilidade de operação	Fraco
	Indústria de Pneus	- Flexibilidade de máquina♦	Forte
		- Flexibilidade de volume♦	Fraco
- Flexibilidade de expansão		Fraco	
Oscilações do mercado, sazonalidade, instabilidade da demanda,	Montadoras de Veículos	- Flexibilidade de volume	Moderado (-)
		- Flexibilidade de mix♠	Fraco
		- Flexibilidade de expansão	Fraco
	Indústria Química	- Flexibilidade de volume♥	Forte
		- Flexibilidade de produção♥	Moderado (+)
		- Flexibilidade de mix♥	Moderado (-)
	Indústria de Equipamentos	- Flexibilidade de mix	Moderado (+)
		- Flexibilidade volume	Moderado (-)
		- Flexibilidade de produto	Moderado (-)
Mão-de-obra de baixa qualificação, absenteísmo, falha humana	Indústria de Equipamentos	- Flexibilidade de mão-de-obra♣	Forte
	Indústria de Pneus	- Flexibilidade de mão-de-obra♦	Moderado (+)
Relacionados com má qualidade dos produtos produzidos e/ou retrabalho	Indústria de Vidros	- Flexibilidade de entrega#	Moderado (-)
		- Flexibilidade de volume#	Fraco
		- Flexibilidade de expansão#	Fraco
	Montadoras de Veículos	- Não há flexibilidade	-
Falhas de comunicação entre turnos, departamentos e funcionários	Indústria de Vidros	- Flexibilidade de modificação	Fraco
		- Flexibilidade entrega	Fraco
		- Flexibilidade de expansão	Fraco
	Indústria de Equipamentos	- Não há flexibilidade	-
	Mudanças no pedido após o mesmo estar fechado	Indústria de Vidros	- Flexibilidade de entrega
Relacionados com falta de energia elétrica	Indústria de Pneus	- Não há flexibilidade	-
♠ - Flexibilidade que compõe a carteira de flexibilidades das montadoras de veículos ♣ - Flexibilidade que compõe a carteira de flexibilidades da indústria de equipamentos ♦ - Flexibilidade que compõe a carteira de flexibilidades da indústria de pneus ♥ - Flexibilidade que compõe a carteira de flexibilidades da indústria química # - Flexibilidade que compõe a carteira de flexibilidades da indústria de vidros			

Com auxílio do Quadro 40, outras empresas, diferentes daquelas que aqui foram analisadas, porém pertencentes aos mesmos segmentos industriais pesquisados (montadoras de veículos, indústria de vidros, indústria de equipamentos, indústria de pneus e indústria química), poderão utilizar diferentes tipos de flexibilidade, com diferentes intensidades de atuação, para a solução de diferentes tipos de problemas.

Trata-se de uma matriz de decisão de fácil emprego, que poderá ser utilizada como último estágio das etapas sugeridas pela Figura 2. Se uma empresa, ao cumprir as etapas de gerenciamento de riscos (vide Figura 2), se deparar com a possibilidade de ocorrência de algum (ns) dos problemas que constam na primeira coluna do Quadro 40, basta verificar se seu segmento está inserido naquele tipo de problema em específico e escolher o tipo de flexibilidade de manufatura mais adequado para a prevenção daquele tipo de problema. Por exemplo, se a empresa for uma indústria de vidros e tiver problemas com fornecedores, não há solução<sup>25</sup> desse problema por intermédio da flexibilidade de manufatura para esse segmento de empresas (observação extraída do Quadro 40).

Entretanto, se a empresa for uma empresa montadora de veículos (esse tipo de empresas consta na segunda coluna do Quadro 40), haverá a indicação de dois tipos de soluções, com base na flexibilidade de manufatura. Um tipo de solução estaria ligado à flexibilidade de roteamento e a outra solução estaria ligada à flexibilidade de operação, ambas com intensidade de atuação moderado (+). A partir daí, a empresa em questão poderia optar por desenvolver um ou ambos os tipos de flexibilidade, como forma de prevenir que aqueles riscos identificados, analisados e avaliados possam ser tornar potenciais problemas futuros.

---

<sup>25</sup> A afirmação de que não há solução está embasada única e exclusivamente nos estudos empíricos realizados na presente tese de doutorado.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA

Nesse capítulo são confrontados os resultados da pesquisa com os objetivos e conjecturas. Além disso, comentários sobre o referencial teórico e uma abordagem sobre os benefícios e as vantagens proporcionados pelo desenvolvimento dos aspectos metodológicos da pesquisa são apresentados. Por fim, são feitas recomendações de nível profissional e acadêmico concernentes ao gerenciamento de riscos e à flexibilidade de manufatura.

### 7.1 CONCLUSÕES A RESPEITO DOS OBJETIVOS E CONJECTURAS

Observando-se o objetivo geral da pesquisa<sup>26</sup>, verifica-se que a matriz de decisão desenvolvida no capítulo sobre análise e discussão dos resultados, representada pelo Quadro 40, atinge o que foi proposto, apresentando uma ferramenta para a decisão de qual (is) tipo (s) de flexibilidade de manufatura deve (m) ser escolhido (s) para a solução de diferentes tipos de problemas na manufatura. A matriz em questão informa, ainda, a intensidade de solução que determinado tipo de flexibilidade possui para determinado tipo de problema, além de fornecer as composições de flexibilidade ideais para cada segmento industrial.

Ressalta-se, porém, que a matriz de decisão em questão não pode ser utilizada por todos os segmentos industriais. Exclusivamente aqueles segmentos que participaram da pesquisa (montadoras de veículos, indústrias de vidro, de equipamentos, de pneus e química) é que poderão se beneficiar da produção dessa ferramenta, sendo que apenas as montadoras de veículos poderão utilizá-la, sem restrição. Julga-se que somente as montadoras de veículos poderiam utilizar, com segurança, a referida matriz, haja vista a pesquisa ter contemplado quatro montadoras de veículos (de um total de onze no Brasil, representando 36% desse universo), cujos respondentes concordaram em 85% com os tipos de flexibilidades apontados para a solução de problemas na manufatura desse setor.

---

<sup>26</sup> Produzir uma matriz de decisão de gerenciamento de riscos operacionais que auxilie na decisão de qual (is) tipo (s) de flexibilidade de manufatura adotar, para a solução de diferentes tipos de problemas, em distintos segmentos industriais e que proponha a taxonomia de flexibilidade mais apropriada e que melhor beneficie os sistemas produtivos das indústrias, na prevenção dos problemas que ocorrem nesse segmento.

Já as demais indústrias, ou seja, de vidros, de equipamentos, de pneus e química, poderiam utilizar a matriz como um indicativo, que lhes dessem uma direção por onde começar – quando o assunto é seleção de flexibilidades para a solução de problemas na manufatura –, visto que apenas uma empresa, de cada um desses segmentos industriais, foi pesquisada. Dessa forma, o presente estudo fornece apenas uma noção, de quais flexibilidades as indústrias fabricantes de vidros, pneus, equipamentos e produtos químicos poderiam utilizar em seus processos produtivos.

Exatamente por isso, que no capítulo sobre a análise e discussão dos resultados, sugeriu-se o aprofundamento em estudos de flexibilidade em empresas de mesmo ramo de atividade (utilizando-se amostras representativas de cada um desses segmentos), a exemplo do que foi feito com as montadoras de veículos, para que, então, as empresas desses diferentes segmentos industriais possam, com maior grau de propriedade, possuir um estudo que lhes ajudem a definir, com maior certeza, quais tipos de flexibilidade adotar e para quais tipos de problemas. Ainda assim, correr-se-ia o risco das quatro empresas de cada segmento industrial discordarem, entre si, sobre as questões postas em estudo na presente tese (problemas na manufatura e flexibilidades para sua solução).

Um fator relevante que há de se mencionar – observado quando da depuração, organização e análise dos dados para a consecução do objetivo geral –, foi o da constatação da utilização de alguns tipos de flexibilidade para a solução de alguns tipos de problemas que antes não eram contemplados pela flexibilidade de manufatura (vide Quadro 40). Um exemplo disso é a utilização das flexibilidades de operação e roteamento, pelas montadoras de veículos, para a solução de problemas ligados à fornecedores que, por sinal, foi classificado como o problema mais prejudicial dentre os doze principais problemas apresentados (vide Quadro 27).

Além dessas constatações, observa-se que os problemas mais prejudiciais que ocorrem na manufatura estão relacionados, por ordem de prioridade, com falhas no fornecimento de matéria-prima, indisponibilidade de equipamentos, variação e/ou oscilação das vendas/demanda, falhas humanas, falhas de comunicação e retrabalho, cujas observações já foram amplamente abordadas no capítulo de análise e discussão dos resultados.

Quanto às flexibilidades de manufatura mais usuais, verificam-se, nos Quadros 32 e 38, aquelas mais demandadas para a solução de problemas; que são as flexibilidades de operação, *mix* e máquina, para as montadoras de veículos e as flexibilidades de mão-de-obra e volume, para as demais empresas. Por fim, verifica-se que as carteiras de flexibilidade mais demandadas são aquelas formadas pela aglutinação dos seguintes tipos de flexibilidade: entrega, expansão e volume para a indústria de vidros; mão-de-obra, *mix* e volume para indústria química; máquina, mão-de-obra, *mix* e produto para a indústria de equipamentos; máquina, mão-de-obra e volume para a indústria de pneus; operação, *mix* e máquina para as montadoras de veículos.

Quanto aos objetivos específicos, todos foram cumpridos, conforme mostra o Quadro 41.

Quadro 41: Análise de atingimento dos objetivos específicos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	AÇÕES DESENVOLVIDAS PARA SEU ATINGIMENTO
Analisar, em distintos segmentos industriais, os principais problemas que atingem a manufatura na atualidade.	A pesquisa empírica foi realizada com oito empresas, de cinco diferentes segmentos industriais, onde os problemas críticos para cada segmento, segundo a percepção dos respondentes, foram levantados e analisados.
Analisar, em distintos segmentos industriais, os problemas que possuem maior ocorrência de incidências na manufatura, ou seja, que ocorrem com maior frequência.	A pesquisa empírica foi realizada com oito empresas, de cinco diferentes segmentos industriais, onde os problemas mais frequentes, para cada segmento, segundo a percepção dos respondentes, foram levantados e analisados.
Analisar, junto a esses mesmos segmentos industriais, as principais ações ligadas à flexibilidade de manufatura que são recomendadas para a solução de problemas na manufatura.	Nas oito empresas analisadas, foram levantadas informações sobre os principais tipos de flexibilidade de manufatura, que essas empresas recomendam para a solução de problemas em seus sistemas produtivos.
Analisar, diante da escassez de recursos para investimento em flexibilidade de manufatura, os tipos de flexibilidades mais indicados para trabalharem conjuntamente na solução de problemas, ou seja, verificar as composições de flexibilidade de manufatura que os diferentes segmentos industriais julgam ser mais adequados.	Nas oito empresas analisadas, foram levantadas informações sobre as “carteiras de flexibilidades” mais indicadas para cada segmento industrial pesquisado, ou seja, quais tipos de flexibilidade foram escolhidos para trabalhar conjuntamente na solução de problemas, com o menor investimento em flexibilidade.
Propor a taxonomia de flexibilidade mais apropriada para a prevenção de problemas que ocorrem na manufatura de diferentes segmentos industriais.	Nas oito empresas analisadas, foram levantadas informações sobre as “carteiras de flexibilidades” mais indicadas para cada segmento industrial pesquisado, ou seja, quais tipos de flexibilidade foram escolhidos para trabalhar conjuntamente na solução de problemas, com o menor investimento em flexibilidade.

Quanto às seis conjecturas, propostas como soluções provisórias e que buscavam estabelecer quais tipos de flexibilidade mais minimizariam problemas na manufatura, constata-se que quatro delas são verdadeiras (Conjecturas C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub>), conforme exposto nos Quadros 27 e 40; e que duas delas são parcialmente refutadas ou parcialmente aceitas (Conjecturas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>), de acordo com o segmento industrial analisado. Assim, os pressupostos testáveis (conjecturas que foram propostas) se ajustam, em grande parte, à realidade, sendo confirmados pelos fatos, que se encontram abordados no capítulo de análise e discussão dos resultados<sup>27</sup>.

## 7.2 CONCLUSÕES A RESPEITO DO REFERENCIAL TEÓRICO

Durante o desenvolvimento do referencial teórico, verificou-se que há, de fato, pouquíssimos estudos que abordam os riscos operacionais ligados à manufatura. Dos inúmeros trabalhos pesquisados, aproximadamente 50% abordavam riscos financeiros, 20% abordavam riscos oriundos de acidente do trabalho, 20% abordavam riscos ambientais e, somente 10% abordavam outros tipos de riscos, incluindo-se, nesse percentual, os riscos operacionais. Assim, corrobora-se, então, aqui, as constatações de alguns autores sobre o tema, a exemplo de Baraldi (2005) e Fama *et al.* (2002), que afirmam a existência de uma progressão de pesquisas de riscos na área financeira, porém pouca ou quase nenhuma atenção tem sido dada aos riscos na manufatura.

No que se concerne ao referencial teórico sobre gerenciamento de riscos, observa-se (vide Quadro 3) a proposição de uma variada gama de modelos de gerenciamento de riscos, que se diferenciam entre si no número de etapas.

Alguns autores, a exemplo de Wong (2003), recomendam o gerenciamento de riscos em três etapas e outros, a exemplo de Robillard (2001), em nove etapas. Entretanto, julga-se que desses inúmeros modelos, um modelo adaptativo de gerenciamento de riscos baseado na norma AS/NZS 4360, de 2004, seja o mais adequado para o foco desta tese, visto que não é muito sucinto (apenas três etapas), nem muito complexo (onze etapas), possuindo etapas que envolvem o estabelecimento

---

<sup>27</sup> Uma vez que todas as conjecturas foram definidas como ‘aceitas’ ou ‘refutadas’, sendo confrontadas e analisadas durante o desenvolvimento do capítulo de análise e discussão dos resultados, julga-se não ser necessário o aprofundamento desse assunto na conclusão.

do contexto, a identificação de riscos, a análise de riscos, a avaliação de riscos e o tratamento de riscos, sendo esse o balizador do modelo desenvolvido aqui e descrito na Figura 2.

Além dos inúmeros modelos, observa-se, também, a existência de inúmeras ferramentas, abordagens e técnicas de gerenciamento de riscos (TIC, HAZOP, FMEA, FTA, entre outras), que se preocupam em identificar, analisar e avaliar os riscos. Entretanto, em todos os documentos analisados para o desenvolvimento desse mesmo referencial teórico, não se encontrou<sup>28</sup> técnicas, ferramentas e abordagens que atuassem como medidas preventivas, ou seja, caso os riscos se concretizem e se transformem em problemas, que contramedidas poderiam ser utilizadas para sua eliminação ou redução; sendo essa a razão do desenvolvimento da matriz de decisão de gerenciamento de riscos na manufatura, expresso pelo Quadro 40.

Quanto ao referencial teórico sobre flexibilidade de manufatura, observou-se nos artigos pesquisados, que muitos pesquisadores comentam o fato do conceito de flexibilidade de manufatura migrar da visão de máquinas capazes de executar uma série de funções, para uma estratégia de manufatura tão importante quanto qualidade, confiabilidade e produtividade.

Constatou-se, também, que segundo pesquisas desenvolvidas por diversos autores sobre esse assunto, entre eles Slack (1983, 1987, 1993), Swamidass & Newell (1987), Gupta & Somers (1992), Correa (1994), Kara & Kayis (2004) e Wahab *et al.* (2008), que a flexibilidade de manufatura atua como uma fonte de vantagem competitiva para administrar a operação sob condições de mudanças, variedade, riscos e incertezas, permitindo que o processo produtivo continue o seu trabalho, a um baixo custo e com uma resposta mais rápida.

Ainda sobre o referencial teórico sobre flexibilidade, mais especificamente sobre os estudos de taxonomias de flexibilidades de manufatura, observou-se que alguns autores, a exemplo de Slack (1983), indicam a existência de quatro tipos de flexibilidades de manufatura (flexibilidade de novos produtos, de *mix*, de volume e de

---

<sup>28</sup> O referencial teórico analisado não esgota todo o conteúdo existente na literatura sobre o tema gerenciamento de riscos, de tal forma que não se pode afirmar, com veemência, que não existem ferramentas para sua prevenção. Entretanto, se tal ferramenta, técnica ou abordagem existe, ela é, de fato, muito pouco difundida, o que leva a conclusão de que a prevenção para o gerenciamento de riscos é pouca, ou quase que nunca, relevada na ciência de gerenciamento de riscos.

entrega); outros, a exemplo de Vokurka & O'Leary-Kelly (2000), indicam a existência de doze tipos (flexibilidade de máquina, de movimentação de material, de operações, de mão-de-obra, de roteiro, de produto, de novos projetos, de entrega, de volume, de expansão, de programa e, por fim, flexibilidade de produção).

A crítica que se faz aqui, oportuna em uma conclusão, é a da proliferação de taxonomias, composta de categorias de flexibilidade que muitas vezes são conflitantes e sobrepostas (D'SOUZA & WILLIAMS, 2000; UPTON, 1994; PURDY & SAFAYENI, 2006).

Sethi & Sethi (1990) relatam haver pelo menos 50 termos diferentes para as várias flexibilidades. A pesquisa de Sawhney (2005) revelou que uma gama de percepções pode ser inferida a partir da utilização do termo 'flexibilidade', sugerindo que o termo tem diversos significados para os investigadores: verificou-se não só o uso de diferentes termos remetendo ao mesmo tipo de flexibilidade, mas também termos idênticos com significados distintos.

Para Swamidass (1987), isso ocorre por três razões distintas: há muita sobreposição dos termos utilizados em flexibilidade, alguns termos são agregados a partir de outros e termos idênticos utilizados por diferentes autores não têm necessariamente o mesmo significado.

### 7.3 CONCLUSÕES A RESPEITO DOS ASPECTOS METODOLÓGICOS

Ao se organizar os documentos que seriam utilizados (artigos de periódicos nacionais e internacionais, artigos de congressos e simpósios, teses, dissertações e livros); se definir a amostra para o teste empírico; se delimitar a pesquisa; se desenvolver as conjecturas para ajudar na construção das questões que comporiam o instrumento de coleta de dados; se construir o instrumento de coleta dados; e, por fim, se buscar previamente os testes estatísticos que seriam necessários e se havia algum pacote estatístico que facilitasse a análise e tratamento dos dados; conseguiu-se um roteiro e premissas que contribuiriam diretamente para que o objetivo geral e os objetivos específicos da tese fossem alcançados.

Ressalta-se, também, que se investiu muito tempo e trabalho no desenvolvimento

de um instrumento de coleta de dados, que passou por quatro testes pilotos e quatro versões diferentes, para que o mesmo permitisse que os resultados da pesquisa fossem robustos, no que se concerne aos problemas e soluções do cotidiano da manufatura, dos segmentos industriais pesquisados.

Diz-se '*fossem robustos [...]'*, uma vez que os testes pilotos serviram, por exemplo, para balizar a ordem das questões dentro do instrumento de coleta de dados. Nesse caso, cita-se a Questão 3 (vide Figura 29), que trata de assunto relacionado à flexibilidade de manufatura e que tem posição estratégica dentro do questionário (entre as questões sobre os problemas que ocorrem na manufatura), utilizada para, além de outras coisas, introduzir os respondentes aos conceitos de flexibilidade de manufatura e o significado de cada tipo de flexibilidade existente.

Somente, então, na Questão 4, que os respondentes informaram quais tipos de flexibilidades eles julgavam que minimizavam, ou até mesmo resolviam, os problemas levantados na Questão 1. Esse ordenamento das Questões 3 e 4 pode parecer lógico para quem leia o trabalho final, porém, durante a construção do instrumento de coleta de dados, isso não tinha sido percebido, sendo observado somente após a utilização dos testes pilotos.

Além disso, ainda sobre o instrumento de coleta de dados, confirmou-se, aqui, os benefícios da utilização de um questionário na Internet, notadamente na construção dos Quadros 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36 e 37, quando as informações relevantes foram extraídas, facilmente, por meio do banco de dados no site [www.manufaturaflexivel.com.br](http://www.manufaturaflexivel.com.br) e foram exportados para uma planilha Excel.

Isso propiciou agilidade na organização dos dados e ausência de erros de preenchimento com respostas em duplicidade, em branco, ou questões inteiras deixadas sem responder, visto que se programou a *Home Page*, na qual estava inserido o instrumento de coleta de dados, para não permitir que erros dessa natureza ocorressem.

Sobre o software utilizado para a análise estatística dos dados, ou seja, o BioEstat, constatou-se tratar-se de uma excelente ferramenta para se trabalhar com os testes estatísticos não paramétricos aqui adotados: testes de Kruskal-Wallis, de concordância de Kendall e o de Dunn. Esse pacote estatístico poupou tempo, que seria

gasto com a utilização e o desenvolvimento de fórmulas e consulta a tabelas, evitando, também, erros de cálculos, comuns de se ocorrerem quando se manuseia uma gama extensa de dados. Além disso, esse software possui uma interface agradável, é de fácil manuseio e de fácil interpretação de resultados.

#### 7.4 RECOMENDAÇÕES PARA EMPRESAS E PARA PESQUISADORES

Após análise dos resultados recomenda-se às empresas de segmentos idênticos aos aqui pesquisados, que utilizem a Matriz de Decisão explicitada pelo Quadro 40. Com as ressalvas e restrições, já comentadas, julga-se que essa Matriz possa ser consultada e suas sugestões possam ser seguidas, para a escolha de tipos de flexibilidade na solução de problemas na manufatura.

Finalmente, para os acadêmicos, vislumbram-se algumas oportunidades de pesquisa, tais como:

- i) Utilização do instrumento de coleta de dados, aqui desenvolvido, para que mais segmentos industriais possam ser contemplados e assim, a Matriz de Decisão (Quadro 40) possa ser ampliada para outros tipos de indústria;
- ii) Pesquisa junto a amostras representativas de indústrias de vidro, de equipamentos, químicas e de pneus, para a corroboração ou refutação dos resultados aqui obtidos, visto que apenas uma empresa de cada um desses segmentos industriais foi pesquisada;
- iii) Aplicação de pesquisa tipo *Survey*, com empresas escolhidas aleatoriamente, para que a Matriz de Decisão possa ser construída por meio de amostras probabilísticas não intencionais;
- iv) Pesquisa tipo estudo de caso, com a finalidade de aprofundar-se nos resultados aqui obtidos e se conhecer a razão daqueles tipos de flexibilidade terem sido escolhidos e como as empresas pesquisadas desenvolvem aqueles tipos de flexibilidade.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHES, R. S. **Influência da Engenharia, Manufatura, Sistema de informações e Logística no desempenho de entrega de protótipos e Amostras: Um estudo de caso na Mahle.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2003

ADLER, P. S.; GOLDOFTAS, B. & LEVINE, D. I. **Organization flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota Production System.** Science, v. 10, n. 1, 1999, pp. 43-68.

ALBERTON, A. **Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança.** Dissertação de mestrado. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

ALMEIDA, D. A.; LEAL, F.; PINHO, A. F. & FAGUNDES, L.D. **Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação.** Revista Produção, v. 15, nº 1, pp. 171-188, 2006.

ALMEIDA, E. P. & FERREIRA, M. L. R. **Técnicas de análise de risco aplicadas a planejamento e programação de projetos da construção civil.** In: Anais do IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão – IV CNEG, Niterói, 2008.

ALMEIDA, D. A. & PINHO, A. F., **Indicador de desempenho intra-falha - uma abordagem racionalizadora para liberar capacidade produtiva em empresas do setor elétrico.** In Anais do VI CLAGTEE. Mar Del Plata – Argentina, 2005

ARAÚJO, L. O. C.; GRILO, L. M. ; SOUZA, U. E. L. & MELHADO, S. **O Microplanejamento do Serviço de Concretagem: Análise e Aplicabilidade das Ferramentas da Qualidade.** In: Anais do II SIBRAGEC, Fortaleza – CE, 2000.

AYRES M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D.L. & SANTOS, A. A. S. **Manual do Software Estatístico BioEstat.** Pará, 2007.

BASTOS, A. L. A. **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem.** In: Anais do XXVI ENEGEP, Fortaleza - CE, 2006.

BARALDI, P. **Gerenciamento de Riscos Empresariais.** Rio de Janeiro: Campus, 2005.

BAYKASOGLU, A. & OZBAKIR, L. **Analysing the effect of flexibility on manufacturing systems performance.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 19, n. 2, 2008, pp. 172-193.

BEACH, R.; MUHLEMANN, A. P.; PRICE, D.H.R.; PATERSON, A. & SHARP, J.A. **A review of manufacturing Flexibility**. European Journal of Operational Research, v. 122, 2000, pp. 41-57.

BENGTSSON, J. **Manufacturing flexibility and real options: A review**. International Journal of Production Economics, v. 74, n. 1-3, 2001, pp. 213–224.

BENGTSSON, J. & OLHAGER, J., **The impact of the product mix on the value of flexibility**. The international journal of management science, v. 30 n. 4, 2002, pp. 265-273.

BOLWIJN, P. T. & KUMP, T. **Manufacturing in the 1990s – productivity, flexibility and innovation**. Long Range Planning, v. 23, n. 4, 1990 pp. 44-57.

K.K. BOYER & G. K. LEONG. **Manufacturing flexibility at the plant level**. The International Journal of Management Science, v. 24, n. 5, 1996, pp. 495-510.

BOYLE, T. A. **Towards best management practices for implementing manufacturing flexibility**. Journal of Manufacturing Technology Management, v. 17, n. 1, 2006 pp. 6-21.

BRANCO, P. D. & VERGARA, S. C. **Empresa Humanizada: A organização necessária e possível**. Revista de Administração de Empresas, v. 41 n.2, 2001, pp. 20-30.

BRASILIANO, A. C. R. **Manual de Planejamento: Gestão de Riscos Corporativos**. São Paulo: Sicurezza, 2003.

BRILL, P. & MANDELBAUM, M., 1989. **On measures of flexibility in manufacturing systems**. International Journal of Production Research, v. 27, nº 5, 1989, pp. 747-756.

BRITO, O. S. **Controladoria de Risco-Retorno em Instituições Financeiras**. São Paulo: Saraiva, 2003.

BROWNE, J.; DUBOIS, D.; RATHMILL, K.; SETHI, S. P. & STECKE, K. **Types of flexibilities and classification of flexible manufacturing systems**. Working Paper, n. 367. Graduate School of Business Administration, University of Michigan, 1984.

BUITENHEK, R.; BAYNAT, B. & DALLERY, Y. **Production capacity of flexible manufacturing systems with fixed production ratios**. International Journal of Flexible Manufacturing Systems, v. 14, n. 3, 2002, pp. 203-225.

CALIXTO, E. **Uma metodologia para gerenciamento de risco em empreendimentos: Um estudo de caso na Indústria de petróleo**. In Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXVI ENEGEP, Fortaleza, 2006.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.** Revista Produção, v. 17, n. 1, 2007, pp. 216-229.

CAVALCANTI, M. C. M. & SEVERIANO FILHO, C. **Aplicabilidade da técnica de incidentes críticos como método de identificação de perdas patrimoniais em hotelaria: um estudo de caso no setor de hospedagem.** VEREDAS Revista Científica de Turismo, São Paulo, ano 1, nº 1, p. 123-133, 2002.

CHANDRA, P. & TOMBAK, M. M. **Models for the evaluation of routing and machine flexibility.** European Journal of Operational Research, v. 60, 1992, pp. 156-165.

CHANG, S.; LIN, R.; CHANG, F. & CHEN, R. **Achieving manufacturing flexibility through entrepreneurial orientation.** Industrial Management & Data Systems, v. 107, n. 7, 2007 pp. 997-1017.

CHAVES, L. A. O. & MAINIER, F. B. **Análise dos estudos de riscos ambientais nas atividades petrolíferas offshore no âmbito da gestão ambiental.** In anais do XII Simpósio de Engenharia de Produção – XII SIMPEP, Bauru, 2005.

CHEN, I. J. & CHUNG, C.H. **An examination of flexibility measurements and performance of flexible manufacturing systems.** International Journal of Production Research, v. 34 nº. 2, 1996, pp. 379-94.

CHEUNG, Y. & BAL, J. **Process analysis techniques and tools for business improvements.** Business Process Management Journal, v. 4, nº 4, p.274-290, 1998.

CHOI, S. & KIM, J. **A study on the measurement of comprehensive flexibility in manufacturing systems.** Computers & Industrial Engineering, v. 34, n. 1, 1998, pp. 103-118.

CORRÊA, H. L. **Flexibilidade estratégica na manufatura: incertezas e variabilidade de saída.** Revista de Administração da USP, v. 29, n. 1, 1994

CORRÊA, H. L. **Flexibilidade nos sistemas de produção.** Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.33, n.3, 1993 p.22-35.

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

CORRÊA, H. L. & GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: Um Enfoque Estratégico.** São Paulo: Atlas, 1993.

COX, T. **Toward the measurement of manufacturing flexibility.** Production and Inventory Management Journal, v. 30, n. 1, 1989, pp. 68-72.

D'SOUZA, D. E. & WILLIAMS, F. P. **Toward a taxonomy of manufacturing flexibility dimensions.** Journal of Operations Management, v. 18, 2000, pp. 577-593.

DAFT R. L. & WEICK K.E. **Toward a model of organizations as interpretation systems.** Academy Management Review, v. 9, n. 2, 1984, pp. 284-295.

DAS, S. & NAGENDRA, P. **Investigation into the impact of flexibility on manufacturing performance.** International Journal of Production Research, v. 31, n. 10, 1993, pp. 2337-2354.

DAVIS, G. **Creating Scenarios for Your Company's Future.** Shell International, The 1998 Conference on Corporate Environmental, Health, and Safety Excellence – Bringing Sustainable Development Down to Earth. New York/NY, 1998.

DAVIS, G. **Questioning Assumptions: Exploring Alternative Business Futures,** Swedbank Conference, Stockholm, 2002.

DAVIS, M.; AQUILANO, N. & CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção.** Porto Alegre: Bookman, 2001.

DE TONI, A. & TONCHIA, S. **Manufacturing flexibility: a literature review.** International Journal of Production Research. V. 36, n. 6, 1998, pp. 1587-1617.

DE TREVILLE, S; BENDAHAN, S. & VANDERHAEGHE, A. **Manufacturing flexibility and performance: bridging the gap between theory and practice.** International Journal of Flexibility Manufacturing Systems, v. 19, 2007, pp. 334-357.

DONATO, F. A. S. & ROSSI, M. A. M. **O impacto de um processo de planejamento colaborativo sobre a gestão dos riscos na cadeia de suprimentos.** In: Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVII ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2007.

ETTLIE, J. E. & PENNER-HAHN, J. D. **Flexibility ratios and manufacturing strategy.** Management Science, v. 40, n. 11, 1994, pp. 1444-1454.

FAMÁ, R.; CARDOSO, R. L. & MENDONÇA, O. **Riscos Financeiros e não Financeiros: Uma Proposta de Modelo para Finanças.** Cadernos da FACECA v. 11 n. 1 jan/jun 2002, 33-50.

FRANÇA, S. L. B.; TOZE, M. A. & QUELHAS, O. L. G. **A gestão de pessoas como facilitador para o gerenciamento de risco na indústria da construção civil.** In: anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção – XIII SIMPEP, Bauru, 2006.

FRANZA, R. M. & GAIMON, C. **Flexibility and pricing decisions for high-volume products with short life cycles.** International Journal of Flexible Manufacturing Systems, v. 10, n. 1, 1998, pp. 43-71.

FRYER, J. S. **Labor flexibility in multiechelon dual-constrained job shops.** Management Science, v. 20 n. 7, 1974 pp. 1073–1080.

GAITHER, N. & FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Thomson Learning, 2004.

GATIGNON, H. & ANDERSON, E. **The multinational corporation's degree of control over foreign subsidiaries: an empirical test of a transaction cost explanation.** Journal of Law, Economics and Organization, v. 4, 1988, pp. 305–336.

GERWIN, D. **An agenda for research on the flexibility of Manufacturing processes.** International Journal of Operations & Production Management, v. 25, n. 12, 2005 pp. 1171-1182.

GERWIN, D. **Manufacturing flexibility: a strategic perspective.** Management Science; v. 39, n. 4, 1993, pp. 395-410

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** São Paulo: Atlas, 2002.

GILLEY, K. M.; MCGEE, J. E. & RASHEED, A. **A Perceived environmental dynamism and managerial risk aversion as antecedents of manufacturing outsourcing: the moderating effects of firm maturity.** Journal of Small Business Management, v. 42, n. 2, 2004, pp. 117-134.

GINSBERG, A. & VENKATRAMAN, N. **Contingency perspectives of organizational strategy: A critical review of the empirical research.** Academy of Management Review v. 10, 1985, pp. 421–434.

GODET, M. & ROUBELAT, F. **Scenario Planning: An Open Future, Technological Forecasting and Social Change,** New York: Elsevier Science Inc, 2000.

GOHO, J.; MACASKILL, P. & MCGEACHIE, P. **Using a Panel of Experts to Enrich Planning of Distance Education.** Journal of distance education revue de l'éducation à distance. Spring/Printemps. Vol. 18, No 1, 1-18, 2003.

GRAEML, A. R. **Ponderação e gerenciamento dos riscos da tecnologia da informação.** In: Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XVIII ENEGEP, Niterói, 1998.

GREEN, K. C.; ARMSTRONG, J. & GRAEFE, A. **Methods to Elicit Forecasts from Groups: Delphi and Prediction Markets Compared Forthcoming**. Foresight: The International Journal of Applied Forecasting, 2007.

GROVER, V. & KETTINGER, W. J. **Business process change. Reengineering concepts, methods and technologies**. Idea Group Publishing, Harrisburg, 1995.

GRUBBSTRÖM, R. W. & OLHAGER, J. **Productivity and flexibility: Fundamental relations between two major properties and performance measures of the production system**. International Journal of Production Economics, v. 52, n. 1-2, 1997, pp. 73-82.

GUNASEKARAN, A. & YUSUF, Y. Y. **Agile Manufacturing: a Taxonomy of Strategic and technological imperatives**. International Journal of Production Research, v. 40, n° 6, 2002, pp. 1357-1385.

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

GUPTA, Y. P. & GOYAL, S. **Flexibility of manufacturing systems: concept and measurements**. European Journal of Operational Research, v. 40, 1989, pp. 119-135.

GUPTA, Y. P. & SOMERS, T. M. **The measurement of manufacturing flexibility**. European Journal of Operational Research, v. 60, 1992, pp. 166-192.

GUPTA, A. B. & SINGH, T. P. **Flexibility in an automobile manufacturing enterprise**. Global Journal of Flexible Systems Management, v. 2, n. 1, 2001, pp. 43-50.

GUPTA, D. **On measurement and valuation of manufacturing flexibility**. International Journal of Production Research, v. 31, n. 12, 1993, pp. 2947-2958.

GUPTA, D., Y. GERCHAK & J. A. BUZACOTT. **The optimal mix of flexible and dedicated manufacturing capacities: Hedging against demand uncertainty**. International Journal of Production Economics, v. 28, n. 3, 1992, pp. 309-319.

GUPTA, Y. P. & SOMERS, T. M. **Business strategy, manufacturing flexibility, and organizational performance relationships: A path analysis approach**. Production and Operations Management, v. 5, n. 3, 1996, pp. 204-233.

GUSTAVSSON, S. **Flexibility and productivity in complex production processes**. International Journal of Production Research, v. 22, n. 5, 1984, pp. 801-808.

HEIZER, J. & RENDER, B. **Administração de Operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HELMAN H. & ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas. Aplicação de FMEA e FTA.** Belo Horizonte: Editora Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

HILL, T. & CHAMBERS, S. **Flexibility – a manufacturing conundrum.** International Journal of Operations & Production Management, v. 11, n. 2, 1991, pp. 5-13.

HUTCHISON, J. & DAS, S. R. **Examining a firm's decisions with a contingency framework for manufacturing flexibility.** International Journal of Operations & Production Management, v. 27, n. 2, 2007, pp. 159-180.

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

IBGE. **Pesquisa Industrial Mensal Produção Física, 2006. Disponível em** <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpfbr/default.shtm>. Acesso em: 07.04.2007.

INAKI, H. S.; LANDÍN, G. A & FA, M. C. **A Delphi study on motivation for ISO 9000 and EFQM.** International Journal of Quality & Reliability Management. v. 23, n° 7, pp. 807-827, 2006.

KARA, S. & KAYIS, B. **Manufacturing flexibility and variability: an overview.** Journal of Manufacturing Technology Management, v.15, n. 6, 2004, pp. 466-478.

KATHURIA, R. **Managing for flexibility: a manufacturing perspective.** Industrial Management & Data Systems, v. 98, n. 6, 1998, pp. 246-252.

KAYIS, B. & KARA, S. **The supplier and customer contribution to manufacturing flexibility: Australian manufacturing industry's perspective.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 16, n. 7, 2005 pp. 733-752.

KOPITTKKE, B. H. & CASAROTTO FILHO, N. **Análise de Investimentos.** 9a. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KOSTE L. L.; MALHOTRA M. K. & SHARMA S. **Measuring dimensions of manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management , v. 22, n 2, 2004, pp. 171–196.

KOSTE, L. L. & MALHOTRA, M. K. **A theoretical framework for analyzing the dimensions of manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v.18, 1999, pp. 75–93.

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, 2000, pp. 693-710.

LAKONISHOK, J.; SHLEIFER, A. & VISHNY, R. W. **Contrarian investment, extrapolation, and risk.** Journal of Finance, v.49, 1994, pp. 1541-1578.

LAU, R. S. M. **Critical factors for achieving manufacturing flexibility.** International Journal of Operations & Production Management, v. 19, n. 3, 1999, pp. 328-341.

LIN, C. & WANG, J. J. **Hybrid fault tree analysis using fuzzy sets.** Reliability Engineering and System Safety. v. 58, pp. 205-213, 1997.

LINSMEIER, T. J & PEARSON, N. D. **Risk Measurement: An Introduction to Value at Risk.** University of Illinois at Urbana-Champaign, 1996. Disponível para consulta em: <http://www.casact.org/education/specsem/99frmgt/pearson2.pdf>

LLORENS, F. J.; MOLINA, L. M. & VERDU, A. J. **Flexibility of manufacturing systems, strategic change and performance.** International Journal of Production Economics, v. 98, 2005, pp. 273–289.

LONG, W.; SATO, Y. & HORIGOME, M. **Quantification of sequential failure logic for fault tree analysis.** Reliability Engineering and System Safety. v. 67, pp. 269–274, 2000.

LORENZ, D.; TRUCK, S. & LUTZKENDORF, T. **Addressing risk and uncertainty in property valuations: a viewpoint from Germany.** Journal of Property Investment & Finance, v. 24, n. 5, 2006, pp. 400-433.

MABERT, V.A. & VENKATARAMANAN, M.A. **Special focus on supply chain linkages: challenges for design and management in the 21<sup>st</sup> century.** Decision Sciences, v. 29, n. 3, 1998, pp. 537–552.

MACCARTHY, B. L. & ATTHIRAWONG, W. **Factors affecting location decisions in international operations – a Delphi study.** International Journal of Operations & Production Management. v. 23, n° 7, pp-794-818, 2003.

MALHOTRA, M. K. & RITZMAN, L. P. **Resource flexibility issues in multistage manufacturing.** Decision Sciences, v. 21, n. 4, 1990, pp. 673-690.

MARCONI, M. A. & LAKATOS, M.E. **Metodologia Científica.** 4<sup>a</sup> edição. São Paulo: Atlas, 2004.

MARCONI, M. A. & LAKATOS, M.E. **Técnicas de Pesquisa.** 6<sup>a</sup> edição. São Paulo: Atlas, 2006.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada.** 3<sup>a</sup> Edição. São Paulo: Atlas, 2005.

MILES, R. E. & SNOW, C. C. **Designing strategic human resources systems.** *Organizational Dynamics* v. 13, 1984, pp. 36–52.

MILLER, D. & SHAMSIE, J. **Strategic responses to three kinds of uncertainty: product line simplicity at the Hollywood film studios.** *Journal of Management* v. 25, n. 1, 1999, pp. 97–116.

MORGADO, A. V.; BODMER, M. & MORGADO, C. R. V. **Avaliação da qualidade em serviços de uma operadora de transporte público aplicando a técnica de incidentes críticos.** In: *Anais XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXIII ENEGEP*, Niterói, 1998.

NAGARUR, N. **Some performance measures of flexible manufacturing systems.** *International Journal of Production Research*, v.4, n.12, 1992, pp. 799-809.

NAKASHIMA, D. T. V. & CARVALHO, M. M. **Identificação de riscos em projetos de TI.** In: *Anais XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, 2002.

NARAIN, R.; YADAV, R.C; SARKIS, J. & CORDEIRO, J. J. **The strategic implications of flexibility in manufacturing systems.** *International Journal of Agile Management Systems*, v. 2, n. 3, 2000, pp. 202-213.

NARASIMHAN, R.; TALLURI, S. & DAS, A. **Exploring flexibility and execution competencies of manufacturing firms.** *Journal of Operations Management*, v. 22, 2004, pp. 91–106.

NDUBISI, N. O.; JANTAN, M.; HING, L. C. & AYUB, M. S. **Supplier selection and management strategies and manufacturing flexibility.** *The Journal of Enterprise Information Management*, v.18, n. 3, 2005 pp. 330-349.

NILSSON, C. H. & NORDAHL, H. **Making manufacturing flexibility operational – part 1: a framework.** *Integrated Manufacturing Systems*, v. 6, nº 1, 1995, pp. 5-11.

NOHARA, J. J.; ACEVEDO, C. R. & VILA, A. R. **Aplicação da Gestão do Conhecimento em Processos de Gerenciamento de Risco.** In: *Anais XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Curitiba, 2002.

NORDAHL, H. & NILSSON, C. **Managers' perceptions of flexibility in manufacturing: a study in the Swedish engineering industry.** *Integrated Manufacturing Systems*, v.7, n.4, 1996, pp. 22–33.

OKAMOTO, H. **Flexibility in Japanese manufacturing industries: Synchronization of production, sales and purchase.** *Asian Business & Management*, v. 2, n. 3, 2003, pp. 323-346.

OKE, A. **A framework for analyzing manufacturing flexibility.** International Journal of Operations & Production Management, v.. 25, n. 10, 2005 pp. 973-996.

OKOLI, C. & PAWLOWSKI, S. D. **The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications.** Information & Management. n° 42, pp. 15-29, 2004.

OLHAGER J. & WEST B. M. **The house of flexibility: using the QFD approach to deploy manufacturing flexibility.** International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n 1, 2002, pp. 50–79.

OLHAGER, J. **Manufacturing flexibility and profitability.** International Journal of Production Economics v. 30-31, 1993, pp. 67–78.

PADOVEZE, C. L. & BERTOLUCCI, R. G. **Proposta de um Modelo para o Gerenciamento do Risco Corporativo.** In: Anais XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2005.

PAGELL, M. & KRAUSE, D. R. **A multiple-method study of environmental uncertainty and manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v. 17, 1999, pp. 307–325.

PAGELL, M. & KRAUSE, D. R. **Re-exploring the relationship between flexibility and the external environment.** Journal of Operations Management, v. 21, 2004, pp. 629–649.

PALADY, P. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos.** São Paulo: IMAN, 1997.

PANHOCA, L. **Administração do risco de propostas e estudos de viabilidade na indústria aeronáutica brasileira: uma abordagem de controladoria.** Tese de Doutorado da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PARKER, R. P. & WIRTH, A. **Manufacturing flexibility: measures and relationships.** European Journal of Operational Research, v. 118, n 3, 1999, pp. 429-449.

PONTES, R.; LEITE, M. S. & DUARTE, D. **Uma filosofia para o gerenciamento dos riscos na construção civil.** In: Anais XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – XXIII ENEGEP, Niterói, 1998.

PORTER, M. **Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1989.

RAUSAND, M. & OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis.** Reliability Engineering and System Safety, 1996, n° 53, pp. 73-83, 1996.

REID, D. & SANDERS, N. **Gestão de Operações.** Rio de Janeiro: LTC, 2005.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas.** São Paulo: Atlas, 1999.

RITZMAN, L. P. & KRAJEWSKI, L. J. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES, V. V. **Modelo de análise de risco aplicado a estudos de viabilidade para construção e incorporação de prédios residenciais.** Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2001.

RUIZ, J. A. **Metodologia Científica: Guia para Eficiência nos Estudos.** São Paulo: Atlas, 1996.

SANTAFÉ JUNIOR, H. P. G. & COSTA, H. G. **Utilização dos conjuntos aproximativos e da lógica fuzzy como instrumentos de apoio na mensuração do grau de riscos.** In: Anais XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002.

SANTOS, P. S. M. **Gestão de Riscos Empresariais: Um Guia Prático e Estratégico para Gerenciar os Riscos de sua Empresa.** São Paulo: Novo Século, 2002.

SANTOS, I. E. **Textos selecionados de métodos e técnicas de pesquisa científica.** 4ª Edição. Rio de Janeiro: Impetus, 2003.

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

SAWHNEY, R. **Interplay between uncertainty and flexibility across the value-chain: Towards a transformation model of manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v. 24, 2005, pp. 476–493.

SCALA, J; PURDY, L & SAFAYENI, F. **Application of cybernetics to manufacturing flexibility: a systems perspective.** Journal of Manufacturing Technology Management, v. 17, n. 1, 2006, pp. 22-41.

SCHMENNER, R. W. & TATIKONDA, M. V. **Manufacturing process flexibility revisited.** International Journal of Operations & Production Management, v. 25, n. 12, 2005 pp. 1183-1189.

SCHENINI, P. C.; NEUENFELD, D. R. & ROSA, A. L. M. **O gerenciamento de riscos no transporte de produtos perigosos.** In: Anais do XIII Simpósio de Engenharia de Produção – a XIII SIMPEP, Bauru, 2006.

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.

SERRÃO, R. O. B. **Operacionalização da flexibilidade de manufatura: análise das influências do relacionamento produtor-fornecedor.** Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Industrial. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.

SERSON, S. M. **Fábrica veloz: Um modelo para competir com base no tempo.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo, 1996.

SÉRIE RISK MANAGEMENT. **Gestão de riscos: a norma AS/NZS 4360,** 2004.

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

SHARMA, R. K.; KUMAR, D. & KUMAR, P. **Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modeling.** International Journal of Quality & Reliability Management. v. 22, nº 9, pp. 986-1004, 2005.

SHELL INTERNATIONAL. **People and Connections – Global Scenarios to 2020 – Public Summary.** Global Business Environment, London: Shell International Limited, 2001.

SHELL INTERNATIONAL. **Scenarios: An Explorer's Guide, Exploring the Future,** London: Shell International Limited, 2003.

SHEWCHUK, J. P. & MOODIE, C. L. **Definition and classification of manufacturing flexibility types and measures.** International Journal of Flexible Manufacturing Systems, v. 10, n. 4, 1998, pp. 325-349.

SIEGEL, S. & CASTELLAN JUNIOR, N. J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento.** 2ª Edição, São Paulo: Bookman, 2006.

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

SLACK, N. **Flexibility as a manufacturing objective.** International Journal of Operations and Production Management 33, 1983, pp. 4–13.

SLACK, N. **The flexibility of manufacturing systems**. International Journal of Operations & Production Management, v. 25, n. 12, 2005 pp. 1190-1200.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. **Administração da Produção**, São Paulo: Atlas, 2002.

SON, Y. K. & PARK, C. S. **Economic measure of productivity, quality, and flexibility in advanced manufacturing systems**. Journal of Manufacturing Systems, v. 12, n. 1, 1987, 193 – 207.

SUAREZ, F. F.; CUSUMANO, M. A. & FINE, C. H. **An Empirical Study of Flexibility in Manufacturing**. Sloan Management Review, v. 37, n. 1, 1995, pp. 25-32.

SUAREZ, F. F.; CUSUMANO, M. A. & FINE, C. H. **An empirical study of manufacturing flexibility in printed circuit board assembly**. Operations Research, v. 44, n. 1, 1996, pp. 223-240.

SWAMIDASS, P. M. & NEWELL, W. T. **Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model**. Management Science, v. 33, n. 4, 1987, pp. 509-524.

TAYMAZ, E. **Types of flexibility in single-machine production system**. International Journal of Production Research, v. 11, 1989, pp. 1891-1899.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 9ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

UPTON, D. M. **Flexibility as process mobility: The management of plant capabilities for quick response manufacturing**. Journal of Operations Management, v. 12, 1995, pp. 205-224.

UPTON, D. M. **Process range in manufacturing: an empirical study of flexibility**. Management Science, v. 43, 1997, pp. 1079–1092.

UPTON, D. M. **The management of manufacturing flexibility**. California Management Review, v. 36, n. 2, 1994, pp. 72-89.

VAN WEZEL, W.; VAN DONK, D. P. & GAALMAN, G. **The planning flexibility bottleneck in food processing industries**. Journal of Operations Management, v. 24, n 3, 2006, pp. 287–300.

VERGARA, S. C. **Métodos de Pesquisa em Administração**. Editora Atlas, São Paulo, 2006.

VESPER, J. L. **Assessing and managing risks in a GMP environment**. Biopharm International, v. 18, n. 3, 2005, pp. 46-58.

VOLLERTT JUNIOR, J. R. **Confiabilidade e falhas de campo: um estudo de caso para melhoria da confiabilidade de um produto e do reparo, através de um procedimento sistemático de coleta de dados.** Dissertação de mestrado. Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

VOKURKA, R. J. & O'LEARY-KELLY, S. W. **A review of empirical research on manufacturing flexibility.** Journal of Operations Management, v. 18, 2000, pp.485–501.

VON UNGERN-STERBERG, T. **The flexibility to swich between different products.** Economica, v. 57, 1990, pp. 355-369.

WAHAB, M. I. M.; WU, D. & LEE, C. **A generic approach to measuring the machine flexibility of manufacturing systems.** European Journal of Operational Research, v. 186, 2008, pp. 137–149.

WATTS, C., HAHN, C. & SOHN, B. **Manufacturing flexibility: concept and measurement.** Operations Management Review. v. 9 n. 4, 1993, pp. 33–44.

WEMMERLOV, U. & JOHNSON, D. J. **Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation experiences and performance improvements.** International Journal of Production Research, v. 35, n. 1, 1997, pp. 29-49.

YANG, C.; YUAN, C.; LIN, W.; LIN, M. & HUANG, J. **A study on applying FMEA to improving ERP introduction an example of semiconductor related industries in Taiwan.** International Journal of Quality & Reliability Management. v. 23, n° 3, pp. 298-322, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos.** 2ª edição. São Paulo: Bookman, 2001.

YUGI, T.; TAGAMI, K. & YANAGI, S. **Calculating top event probability of a fault tree with many repeated events.** Journal of Quality in Maintenance Engineering. v. 12 n°. 4, pp. 364-372, 2006.

ZAFIROPOULOS, L.; METAXIOTIS, K. & ASKOUNIS, D. **Dynamic risk management system for the modeling, optimal adaptation and implementation of an ERP system.** Information Management & Computer Security, v. 13, n. 3, 2005 pp. 212-234.

ZANESCO, J.V. **Equacionamento da flexibilidade de manufatura num ambiente celular.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2002.

ZHANG, Q., VONDEREMBSE M.A, LIM J. S. **Manufacturing flexibility: defining and analyzing relationships among competence, capability, and customer satisfaction.** Journal of Operations Management v. 21, n. 2, 2003, pp.173–191.

ZHANG, Z. & SHARIFI, H. **Towards Theory Building in Agile Manufacturing Strategy: A Taxonomical Approach.** IEEE Transactions on Engineering Management, v. 54, n° 2, 2007, pp. 351-370.

ZUKIN, M. & DALCOL, P.R. **Manufacturing flexibility: Assessing Managerial Perception and Utilization.** The International Journal of Flexible Manufacturing Systems, v. 12, 2000, pp. 5-23.