

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Tecnologias e Sistemas de Gestão
da Produção e da Qualidade:
um estudo na indústria metal-mecânica**

Autor: **Jurandir Jones Nardini**

Orientador: **Sílvio R. I. Pires**

13/99

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR JURANDIR JONES
NARDINI E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 04/02/99.


ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

**Tecnologias e Sistemas de Gestão
da Produção e da Qualidade:
um estudo na indústria metal-mecânica**

Autor: **Jurandir Jones Nardini**

Orientador: **Sílvio R. I. Pires**

Curso: Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas, 1999

S.P. – Brasil

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

N166t Nardini, Jurandir Jones
Tecnologias e sistemas de gestão da produção e da
qualidade: um estudo na indústria metal-mecânica. /
Jurandir Jones Nardini.--Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientador: Sílvio R. I. Pires
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Tecnologia mecânica. 2. Engenharia de produção.
3. Administração da produção. 4. Gestão de empresas.
5. Pesquisa industrial. I. Pires, Sílvio R. I. . II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Tecnologias e Sistemas de Gestão
da Produção e da Qualidade:
Um Estudo na Indústria Metal-Mecânica**

Autor: Jurandir Jones Nardini

Orientador: Sílvio R. I. Pires



**Prof. Dr. Sílvio R. I. Pires - Presidente
FEM - UNICAMP**



**Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho
FEM - UNICAMP**



**Prof. Dr. José Benedito Sacomano
EESC - USP**

Campinas, 04 de fevereiro de 1999

Dedicatória:

“Dedico este trabalho aos colegas e professores

da Unicamp e Unimep, e em

especial a minha família.

Agradecimentos

Este trabalho não existiria sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

A Deus, pela oportunidade concedida.

Ao prof. Dr. Silvio R. I. Pires, meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

Ao prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, pela cordialidade e incentivo ao desenvolvimento do trabalho.

Ao prof. Dr. José Benedito Sacomano, pela cordialidade e opiniões emitidas sobre este trabalho.

Às indústrias, aos dirigentes industriais e associações, que colaboraram com a pesquisa realizada.

À Reitoria e aos colegas do Centro de Tecnologia da Unimep, pela compreensão, atenção e incentivos.

A todos, que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

*“Não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro
ou do padeiro que podemos esperar nosso jantar,
mas de sua preocupação com seu próprio interesse”*

Adam Smith, economista escocês

*“A ambição universal do homem é viver
colhendo o que nunca plantou”*

Idem

*“O problema nunca é como ter pensamentos novos
e inovadores na cabeça, mas como
tirar os velhos”*

Dee Hock, criadora do cartão VISA

*“Algo só é impossível até que
alguém duvide e acabe provando o contrário”*

Albert Einstein

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Epígrafe	v
Índice	vi
Resumo	ix
Abstract	x
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas	xv
Lista de Termos	xvii
1. Introdução	1
1.1 Considerações Gerais	1
1.2 O Mercado Competitivo Atual	3
1.3 Objetivo e Composição do Trabalho	4
2. Sistemas e Prioridades Competitivas da Manufatura	7
2.1 Sistemas de Manufatura	7
2.1.1 Conceito de Manufatura	7
2.1.2 Evolução dos Sistemas de Manufatura	12
2.1.3 Classificação dos Sistemas de Manufatura	20
2.2 Prioridades Competitivas da Manufatura	28
2.2.1 Conceito de Prioridade Competitiva	28
2.2.2 Menor Custo	30
2.2.3 Qualidade	32
2.2.4 Desempenho das Entregas	34
2.2.5 Flexibilidade	35
2.2.6 Inovação Tecnológica	36

3. Tecnologias de Produção Utilizadas no Setor Metal-mecânico	37
3.1 Introdução	37
3.1.1 Desenvolvimento Tecnológico	38
3.2 Tipos Tradicionais de <i>Layouts</i>	43
3.2.1 <i>Layout</i> Funcional ou por Processo	43
3.2.2 <i>Layout</i> em Linha ou por Produto	44
3.2.3 <i>Layout</i> por Posição Fixa	45
3.2.4 <i>Layout</i> Celular	45
3.3 Tecnologia de Grupo	49
3.4 Manufatura Integrada por Computador – CIM	56
3.4.1 CAD/CAE	59
3.4.2 CAM	60
• Automação	61
• NC	64
• CNC	66
• DNC	66
• AGV's	67
• Robótica	68
• CAPP	69
• FMS	70
4. Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade	75
4.1 Sistemas Aplicados à Gestão da Produção	75
4.1.1 MRP / MRP-II / ERP	75
4.1.2 JIT / <i>Kanban</i>	79
4.1.3 OPT / TOC	80
4.2 Sistemas Aplicados à Gestão da Qualidade	83
4.2.1 CEP	85
4.2.2 FMEA	88
4.2.3 QFD	90
4.2.4 Programa 5S	93
4.2.5 TQC / TQM	95
4.2.6 ISO 9000 / QS 9000	98

5. Tecnologias de Produção e Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade na Indústria Metal-mecânica: uma pesquisa de campo	102
5.1 Considerações Iniciais	102
5.1.1 O Interior Paulista	103
5.1.2 A Região de Piracicaba	104
5.2 A Pesquisa Realizada	107
5.2.1 Objetivo e Relevância da Pesquisa	107
5.2.2 Metodologia utilizada na Pesquisa	107
5.2.3 Definição das Empresas do setor Metal-mecânico a serem pesquisadas em Piracicaba	108
5.3 Dados Levantados	111
5.3.1 Dados Gerais	111
5.3.2 Dados sobre os Sistemas Produtivos utilizados	120
5.3.3 Dados sobre as Tecnologias de Produção utilizadas	123
5.3.4 Dados sobre Investimentos, Prioridades Competitivas e Informações Adicionais	124
5.3.5 Dados sobre Sistemas de Gestão utilizados na Produção e na Qualidade	130
5.3.6 Discussão Final dos Dados Levantados	133
6. Conclusões e Sugestões	136
6.1 Conclusões sobre a pesquisa realizada	136
6.2 Conclusões gerais sobre o trabalho	137
6.3 Sugestões para futuros trabalhos / pesquisa	139
Referências Bibliográficas	140
Bibliografia Adicional Consultada	152
Anexos	154

Resumo

NARDINI, Jurandir Jones, *Tecnologias e Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade: um estudo na indústria metal-mecânica*, Campinas,; Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 160p. Dissertação (Mestrado).

As inúmeras mudanças ocorridas nos últimos anos no mercado competitivo global e local têm requerido das empresas de manufatura uma constante preocupação com a atualização de seus sistemas produtivos. Neste trabalho essa necessidade é considerada especialmente sob a perspectiva de três dimensões básicas para o desempenho de uma empresa manufatureira: a tecnologia produtiva, e os sistemas de gestão da produção e da qualidade utilizados pela mesma. Nesse contexto, é apresentado uma breve revisão bibliográfica sobre as três dimensões consideradas e uma pesquisa de campo focada nessas dimensões e realizada em vinte representativas empresas do setor metal-mecânico da região de Piracicaba. Os dados levantados demonstram a existência de um diferencial na aplicação das tecnologias e dos sistemas gerenciais considerados, de acordo com o porte, o ramo de atuação e a origem da empresa. Adicionalmente, destaca-se no estudo a posição de vanguarda das grandes empresas multinacionais do setor de autopeças e de máquinas de movimentação do solo.

Palavras-chave

- Tecnologia de Produção, Sistemas de Gestão da Produção, Sistemas de Gestão da Qualidade, Pesquisa de Campo, Indústria Metal-mecânica.

Abstract

NARDINI, Jurandir Jones, *Technologies and Systems of Manufacturing and Quality Management - a study in the metal-mechanical industry*, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1999. 160p. Dissertação (Mestrado).

The several changes carried out in the last years in the global and local competitive marketplace have demanded from the manufacturing companies a constant concerning with the modernization and management of their manufacturing systems. In this work this requirement is specially observed from the perspective of three basic dimensions to the manufacturing companies performance: the production technology and the production and quality management systems used within the companies. In this context, a brief bibliographic survey about the three dimensions considered and field study focused on these dimensions and conducted within twenty representative metal-mechanical companies operating in the regions of Piracicaba are presented. The empirical data pointed out mainly the existence of a technological and managerial gap among the studied companies and that it is related to the size, the business segment and the origin of them. Additionally, the forefront position of the large autoparts and tractors multinational companies is highlighted.

Key words

- Production Technology, Production Management Systems, Quality Management Systems, Field Study, Metal-mechanical Industry.

Lista de Figuras

1.1-	Pressões Internas e Externas nos Sistemas de Manufatura	2
1.2-	Situação atual das Indústrias de Manufatura	3
2.1-	Modelo Geral da Administração de Produção	7
2.2-	Modelo Conceitual de Manufatura	9
2.3-	Desenvolvimento dos Sistemas Sociais	16
2.4-	Ciclos de Kondratiev	17
2.5-	A Evolução do Sistema de Manufatura	19
2.6-	Classificação dos Sistemas Produtivos Intermitentes	21
3.1-	“Sopa de Letrinhas”	37
3.2-	Desenvolvimento da Tecnologia de Produção	38
3.3-	Automação versus Flexibilidade	41
3.4-	Exemplo de <i>Layout</i> Funcional	43
3.5-	Exemplo de <i>Layout</i> por Produto	45
3.6-	Exemplo de <i>Layout</i> por Posição Fixa	45
3.7-	Localização do <i>Layout</i> Celular	46
3.8-	Exemplo de <i>Layout</i> Celular em “U”	46
3.9-	Exemplo de <i>Layout</i> Celular em Linha	47
3.10-	Uso de Máquinas Compartilhadas	47

3.11-	Família de Peças Rotacionais	50
3.12-	Mandril de Arraste	52
3.13-	Composição dos Tempos de Fabricação	54
3.14-	<i>Layout</i> Celular por Tecnologia de Grupo	55
3.15-	Ações e Resultados da TG nos 3 setores	56
3.16-	Arquitetura do Sistema CIM	58
3.17-	Esquema ilustrativo dos Grupos Tecnológicos da Automação Industrial	62
3.18-	Representação Esquemática de um AGV	67
3.19-	Estágios de Passagem da Estrutura Convencional para a Flexível	72
3.20-	Flexibilidade versus Automação	73
3.21-	Estágios da Automação Flexível	74
4.1-	Fluxo Lógico do MRP-II	76
4.2-	Estrutura Conceitual dos Sistemas ERP	78
4.3-	Conhecimento dos Problemas nos diferentes Níveis	84
4.4-	Exemplo de um Formulário FMEA	89
4.5-	Casa da Qualidade	92
4.6-	Evolução do número de Certificações ISO 9000 no Brasil	100
5.1-	Setor Metal-mecânico em porcentagem das Indústrias de Transformação de Piracicaba	112
5.2-	Representatividade da Amostra Pesquisada	114
5.3-	Amostra Pesquisada em relação ao Emprego e ao Faturamento do setor Metal-mecânico de Piracicaba	119
5.4-	Faturamento Médio Anual por Funcionário de cada Empresa	120

Lista de Tabelas

2.1-	Relações Diretas e Indiretas e seus respectivos Vínculos	11
2.2-	Eras Históricas e seus Valores	18
2.3-	Características da Era Industrial e Pós-Industrial	19
2.4-	Gerações de Computadores e Gerenciamento	20
2.5-	Sistemas Produtivos e seus Produtos	22
2.6-	Classificação dos Sistemas Produtivos segundo a Variedade de Materiais e Produtos	23
2.7-	Algumas características importantes dos Sistemas MTS, ATO e MTO/ETO	26
2.8-	Características dos Sistemas de Produção aplicáveis no setor Metal-mecânico	27
3.1-	Idade do Equipamento Principal da Empresa	42
3.2-	Desempenho da Indústria Brasileira versus Padrão Mundial	42
3.3-	Principais características dos <i>Layouts</i> Tradicionais	49
3.4-	Relação peça/máquina no <i>Layout</i> Funcional/Convencional	54
3.5-	Relação peça/máquina após o Agrupamento baseado na TG	55
4.1-	Alguns Fatores Prós e Contras do MRP-II / JIT / OPT	82
4.2-	Diferenças e Semelhanças do 5S nas Áreas Operativa e Administrativa	95
5.1-	Investimentos confirmados para o Estado de São Paulo	104
5.2-	Estabelecimentos Industriais de Piracicaba	109
5.3-	Classificação das empresas Metal-mecânica pelo Porte segundo o Faturamento Médio Anual	110

5.4-	Classificação das empresas Metal-mecânica pelo Porte segundo o Número de Empregados	110
5.5-	Indústria Metal-mecânica de Piracicaba	113
5.6-	Apresentação das Empresas Pesquisadas	115
5.7-	Dados gerais sobre as Empresas Pesquisadas	117
5.8-	Dados sobre os Sistemas Produtivos utilizados	121
5.9-	Recursos Tecnológicos utilizados	123
5.10-	Escala conceitual de Investimentos	124
5.11-	Investimento Médio Anual em Tecnologia e Treinamento da Mão-de-Obra	125
5.12-	Escala conceitual de Prioridade Competitiva	126
5.13-	Dados sobre as Prioridades Competitivas das Empresas Pesquisadas	127
5.14-	Número de vezes em que foi citada como sendo a prioridade 1, 2, 3, 4 e 5 da Manufatura	128
5.15-	Escala conceitual de Valor	128
5.16-	Informações Adicionais sobre as Empresas Pesquisadas	129
5.17-	Técnicas e Sistemas de Gestão utilizados na Produção	130
5.18-	Técnicas e Sistemas de Gestão utilizados na Qualidade	131
5.19-	Fatores relevantes das Dimensões estudadas em relação a alguns Parâmetros das Empresas pesquisadas	134

Lista de Siglas

AGV:	Automatic Guided Vehicles – Veículos Guiados Automaticamente
ATO:	Assemble to Order – Montagem sob Encomenda
CAD:	Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador
CAM:	Computer Aided Manufacturing – Manufatura Auxiliada por Computador
CIM:	Computer Integrated Manufacturing – Manufatura Integrada por Computador
NC:	Numerical Control – Controle Numérico
CNC:	Computed Numerical Control – Controle Numérico Computadorizado
CEP:	Controle Estatístico do Processo
CAE:	Computer Aided Engineering – Engenharia Auxiliada por Computador
CAPP:	Computer Aided Process Planning – Planejamento do Processo Auxiliado por Computador
DNC:	Direct Numerical Control – Controle Numérico Direto
ETO:	Engineering to Order – Engenharia sob Encomenda
ERP:	Enterprise Resources Planning – Planejamento dos Recursos da Empresa
FMS:	Flexible Manufacturing Systems – Sistemas Flexíveis de Manufatura
FMEA:	Failure Mode Effects Analysis – Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos
FAS:	Flexible Assemble Systems – Sistemas Flexíveis de Montagem
GT:	Group Technology – Tecnologia de Grupo
ISO:	International Standardization Organization – Organização Internacional de Normalização
JIT:	Just in Time – Produção exata e no momento necessário

MFC:	Máquina-Ferramenta Convencional
MFA:	Máquina-Ferramenta Automática
MFCN:	Máquina-Ferramenta com Controle Numérico
MFCNC:	Máquina-Ferramenta com Controle Numérico Computadorizado
MTS:	Make to Stock – Produção para Estoque
MTO:	Make to Order – Produção sob Encomenda
MRP:	Material Requirements Planning – Planejamento das Necessidades de Materiais
MRP-II:	Manufacturing Resources Planning – Planejamento dos Recursos de Manufatura
MPS:	Master Production Schedule – Módulo de Planejamento Mestre de Produção
OPT:	Optimized Production Technology – Tecnologia da Produção Otimizada
PCP:	Planejamento e Controle da Produção
QS:	Quality Systems – Sistemas da Qualidade
QFD:	Quality Function Deployment – Desdobramento da Função Qualidade
TQC:	Total Quality Control – Controle da Qualidade Total
TQM:	Total Quality Management – Gerenciamento da Qualidade Total
TPM:	Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total
TOC:	Theory of Constraints – Teoria das Restrições
CCQ:	Círculos de Controle de Qualidade
RCCP:	Rough Cut Capacity Planning – Planejamento de Capacidade de Médio Prazo
SFC:	Shop Floor Control – Controle do Chão de Fábrica
APT:	Automatically Programmed Tools – Ferramentas Programadas Automaticamente
SCC:	Sistemas de Classificação e Codificação
CRP:	Capacity Requirements Planning – Planejamento de Capacidade de Curto Prazo
DRP:	Distribution Requirements Planning – Planejamento das Necessidades de Distribuição
SOP:	Sales and Operations Planning – Planejamento de Vendas e Operações

Lista de Termos

Adaptabilidade: é a capacidade de adaptação dos sistemas de manufatura (chão-de-fábrica) em função de alterações de quantidades e diversificação decorrentes da implementação de novos produtos.

Customizado: utilizado para designar um produto que contém características específicas determinadas por exigências do cliente.

Diversificação: utilizado para designar a quantidade de produtos diferentes produzidos por um mesmo sistema produtivo.

Intercambiabilidade: é a padronização/normalização de produtos, na qual a adaptação/montagem dos mesmos, ocorre sem problemas, independente do local de sua fabricação.

Mix: utilizado para designar um conjunto de itens a serem produzidos num certo horizonte de planejamento.

Sistema Produtivo: utilizado para designar um elemento qualquer capaz de produzir algo na indústria, podendo assim representar uma máquina, um conjunto de máquinas, fábrica, etc.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Considerações Gerais

Nas últimas três décadas diversas mudanças têm transformado a concorrência mundial, no campo da manufatura de bens industriais. Essas mudanças têm várias origens, tais como:

- a reconstrução das economias européia e japonesa, após a Segunda Guerra Mundial;
- o rápido desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo, a microeletrônica;
- mudanças no comportamento do consumidor, exigência de produtos com maior qualidade e menor custo;
- o esgotamento da forma de organização do trabalho nos sistemas de manufatura, com o declínio da produtividade.

Assim, o ciclo de vida dos produtos tende a ser cada vez menor. O grau de diversificação cada vez maior e conseqüentemente o tamanho dos lotes de fabricação se encontra em acentuada queda.

Com o objetivo de absorver essa tendência e enfrentar os desafios de um ambiente extremamente competitivo e em contínua mutação, as empresas se vêem obrigadas a remodelar suas estruturas organizacionais com vistas a acelerar os processos de tomada de decisão sobre seus negócios. As saídas mais freqüentemente apontadas para tal têm sido:

- Reduzir o ciclo de introdução de novos produtos no mercado;
- Reestruturar todo o seu sistema organizacional a fim de adquirir competência para produzir e suprir produtos de acordo com as tendências reais do mercado.

Espera-se com isso melhorar a adaptabilidade das organizações industriais no sentido

de lhes conferir a adequada capacidade de adaptação para a introdução de novos produtos em tempos adequados, aumentar a flexibilidade dos sistemas produtivos e lhes conferir a adequada capacidade de adaptação de suas atividades de chão-de-fábrica para implementar alterações de quantidades, tamanhos de lotes e itens diferentes de produtos no tempo adequado (SIMON & AGOSTINHO, 1994).

Essas mudanças, combinadas ou isoladas, têm exercido grandes pressões sobre os sistemas de manufatura, obrigando a empresa a buscar formas de organização industrial para a manutenção ou o aumento de sua competitividade. Isso ocorre uma vez que os sistemas de manufatura, baseados filosoficamente no paradigma produtivo Fordista-Taylorista da produção em massa, tornaram-se improdutivos frente a essas pressões (MARTINS & SACOMANO, 1994).

Dessa forma, essas pressões podem ser agregadas como se fossem provenientes de três fontes externas e de uma fonte interna, conforme ilustra a Figura 1.1 a seguir:

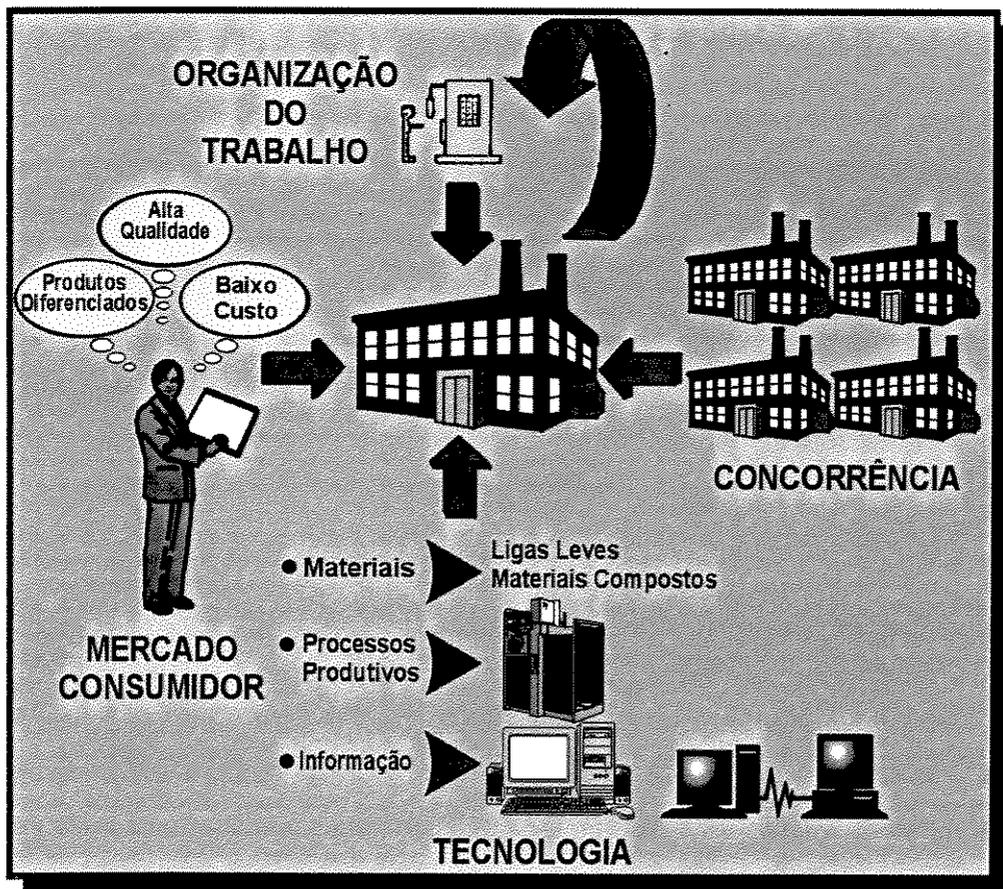


Figura 1.1 – Pressões Internas e Externas nos Sistemas de Manufatura (Adaptado de MARTINS & SACOMANO, 1994)

- **Mercado consumidor:** passa a exigir produtos diferenciados, de alta qualidade e baixo custo;
- **Concorrência:** passa a competir mediante a rápida e intensa introdução de novos produtos, com prazos de entrega menores e com incorporação de novas tecnologias;
- **Tecnologia:** proporciona novos materiais, processos produtivos e novas formas de gestão da informação, possibilitando novos produtos, máquinas e equipamentos e novas formas de organização do trabalho;
- **Organização do trabalho:** torna-se contraproducente, principalmente pela insatisfação dos operários.

As pressões internas são traduzidas pelas inadequações dos sistemas administrativos e da organização do trabalho, tais como: estruturação do trabalho departamentalizado, baixo nível de qualificação da mão-de-obra e pouca utilização de modernas tecnologias e conceitos.

1.2 O Mercado Competitivo Atual

Em relação ao desenvolvimento tecnológico, observa-se grandes mudanças, tais como o desenvolvimento de novos materiais, a modernização dos processos produtivos e a evolução da tecnologia da informação. Estas afetam as empresas e muitas vezes exigem reestruturação em busca de sobrevivência e/ou aumento de competitividade, conforme Figura 1.2.

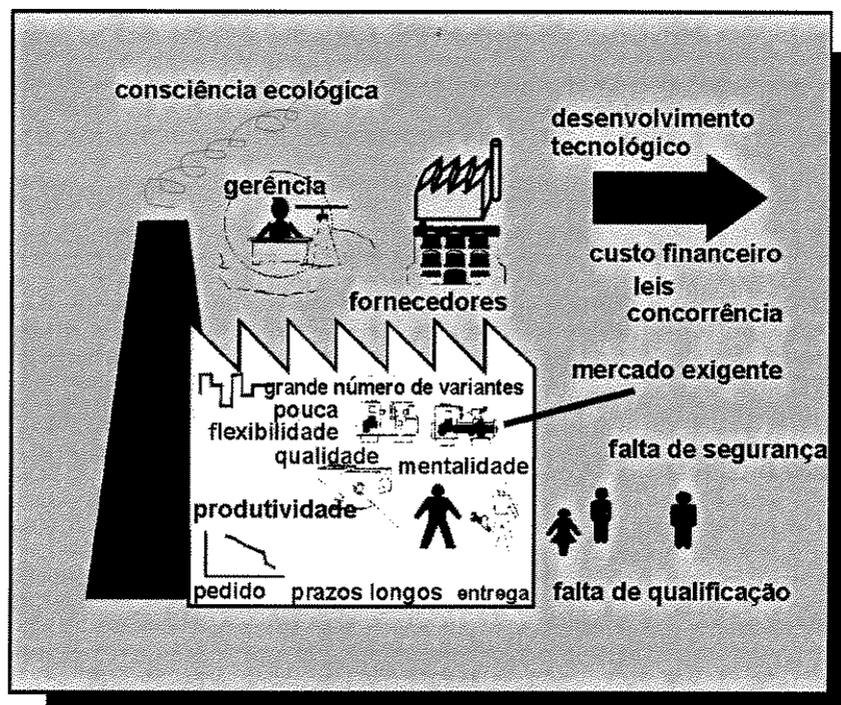


Figura 1.2 – Situação Atual das Indústrias de Manufatura (AGUIAR et al, 1994)

No caso brasileiro, em consequência da abertura da economia no início da década de 90, observa-se que essas pressões vêm sendo sentidas por empresas que concorrem no mercado mundial e, de forma mais acentuada, pelas empresas que atuam no mercado interno. Novas formas de organização foram introduzidas, embora as condições brasileiras (instabilidade de demanda, altas taxas de juros, alta taxa de analfabetismo e pequeno mercado consumidor dentre outros fatores) sejam peculiares em relação àquela dos países onde emergiram essas novas formas de organização industrial.

O Brasil, pela sua inércia em atualização tecnológica, causada principalmente pelo desenvolvimento científico e tecnológico deficiente e dependente, somente agora começa a tomar consciência dessa profunda alteração na filosofia da manufatura, que pode ser explicada em decorrência da:

- vida dos produtos estar diminuindo sensivelmente, enquanto a diversificação destes está aumentando na mesma proporção;
- procura de produtividade cada vez maior através da implantação de novas técnicas gerenciais e tecnologia produtiva;
- diversificação dos produtos devido a uma exigência do mercado consumidor.

Os principais desafios a serem enfrentados, principalmente pelos setores industriais são:

- aumento de competitividade;
- melhoria dos parâmetros de qualidade;
- atualização do nível tecnológico das empresas.

Percebe-se, entretanto, que o processo de industrialização não aponta, necessariamente, na direção de grandes investimentos ou desenvolvimento de tecnologia de ponta, mas passa pela adoção de técnicas modernas de gerenciamento e controle, racionalização e formação de recursos humanos. Por outro lado, a realidade da atual política industrial brasileira revela a necessidade de substituição do modelo tradicional e de substituição de importações por medidas que viabilizem o surgimento de um novo parque industrial, eficiente e competitivo.

1.3 Objetivo e Composição do Trabalho

Este trabalho considera que, antes de querer implementar quaisquer tecnologias ou sistemas gerenciais, por mais simples que sejam, é necessário que as empresas conheçam em

detalhes a sua própria estrutura e o seu próprio *modus operandi*, para então desenvolver o conhecimento a respeito da tecnologia e se preparar para recebê-la. Isso parece não ocorrer em muitas empresas que descarregam de uma só vez um conjunto de técnicas sobre a sua estrutura, às vezes já debilitada, na ilusão de que com essa postura serão sanados todos os seus males.

Com inúmeras opções de tecnologia e de sistemas gerenciais, cuja aplicação propicia resultados excepcionais quando correta e adequadamente selecionadas e implementadas, observa-se que existem elevados investimentos que são totalmente subutilizados e inoperantes, tanto por falta de conhecimento e domínio quanto pela aquisição inadequada. Principalmente no Brasil, onde muitas empresas ainda não tiveram acesso a essas tecnologias/sistemas e outras até mesmo as desconhecem totalmente, não se pode esperar que num passe de mágica as indústrias se modernizem e então avancem nas etapas que são inerentes ao processo de modernização. Muitas vezes é preciso começar do zero, cumprir etapa por etapa, aprender, desenvolver, mesmo quando não se tem limitações de recursos financeiros.

Existe hoje um vazio entre os precursores bem sucedidos da aplicação dessas tecnologias e as empresas que ainda estão por aplicá-las. No meio desse vazio estão aquelas empresas que não se utilizaram de critério algum para seleção e implantação das mesmas, e que agora se acham perdidas e desorientadas, tendo, talvez, que voltar um pouco atrás e refazer a jornada.

Portanto, antes de tentar introduzir uma nova tecnologia ou sistema gerencial é preciso estudar mais do que sua sigla. É preciso conhecê-la a fundo, verificando se ela vai atender às necessidades melhor do que os métodos que já vêm sendo utilizados. É preciso começar pelo lado mais simples, com um planejamento criterioso, executando etapa por etapa, porém mantendo uma visão do todo. E antes mesmo de tudo isso é obrigatoriamente necessário simplificar, eliminar os problemas, organizar, melhor aproveitar os recursos humanos e materiais disponíveis, aproveitar as experiências, treinar, conscientizar e criar uma mentalidade voltada para o desenvolvimento e aperfeiçoamento tecnológico (SIMON, 1991).

Diante do contexto exposto, pode-se definir como sendo o objetivo principal deste trabalho:

- realizar uma pesquisa bibliográfica das tecnologias e sistemas de gestão da produção e da qualidade, aplicadas principalmente nas indústrias do setor metal-mecânico;

- realizar um estudo exploratório (pesquisa de campo) sobre as tecnologias de produção utilizadas e o estágio atual dos sistemas de gestão da produção e da qualidade na indústria de transformação do setor metal-mecânico operando na região de Piracicaba;

Para tal, o trabalho está estruturado em 6 capítulos, com propósitos específicos, conforme explicitado abaixo:

O Capítulo 1 faz uma introdução, contextualiza o trabalho e o mercado competitivo atual, apresentando seus objetivos principais e sua composição.

O Capítulo 2 discorre sobre o conceito, evolução e classificação dos sistemas de manufatura e sobre o ambiente competitivo atual, apresentando o conceito de prioridade competitiva, bem como descrevendo as principais prioridades competitivas: menor custo, qualidade, desempenho das entregas, flexibilidade e inovação tecnológica.

O Capítulo 3 trata das tecnologias de produção utilizadas no setor metal-mecânico, descrevendo os estágios do desenvolvimento tecnológico desde o controle numérico (NC) até os sistemas flexíveis de manufatura (FMS) na manufatura integrada por computador (CIM), bem como relata os tipos tradicionais de *layouts*, a tecnologia de grupo (GT) e a manufatura celular (CM).

O Capítulo 4 aborda as técnicas e sistemas de gestão aplicados principalmente na produção e na qualidade, num contexto técnico-gerencial.

O Capítulo 5 descreve e analisa os dados coletados numa pesquisa exploratória realizada em 20 empresas representativas do setor metal-mecânico, localizadas no interior do estado de São Paulo, na região de Piracicaba. Destaca também a importância da região escolhida, bem como discute os resultados da pesquisa com relação à revisão bibliográfica.

O Capítulo 6 apresenta as principais conclusões sobre a pesquisa realizada, conclusões gerais sobre o trabalho e sugere alguns temas, para futuros trabalhos/pesquisas na área.

O presente trabalho é complementado com uma relação das referências bibliográficas, da bibliografia adicional consultada e anexos:

- 1- Questionário básico utilizado na pesquisa de campo;
- 2- Produtividade total da mão-de-obra por setor;
- 3- Modelo de Integração da Manufatura.

Capítulo 2

Sistemas e Prioridades Competitivas da Manufatura

2.1 Sistemas de Manufatura

2.1.1 Conceito de Manufatura

Um sistema produtivo ou de manufatura pode ser definido genericamente como sendo um elemento capaz de transformar alguns recursos de entrada (*inputs*) em produtos e/ou serviços como saídas (*outputs*), conforme Figura 2.1:

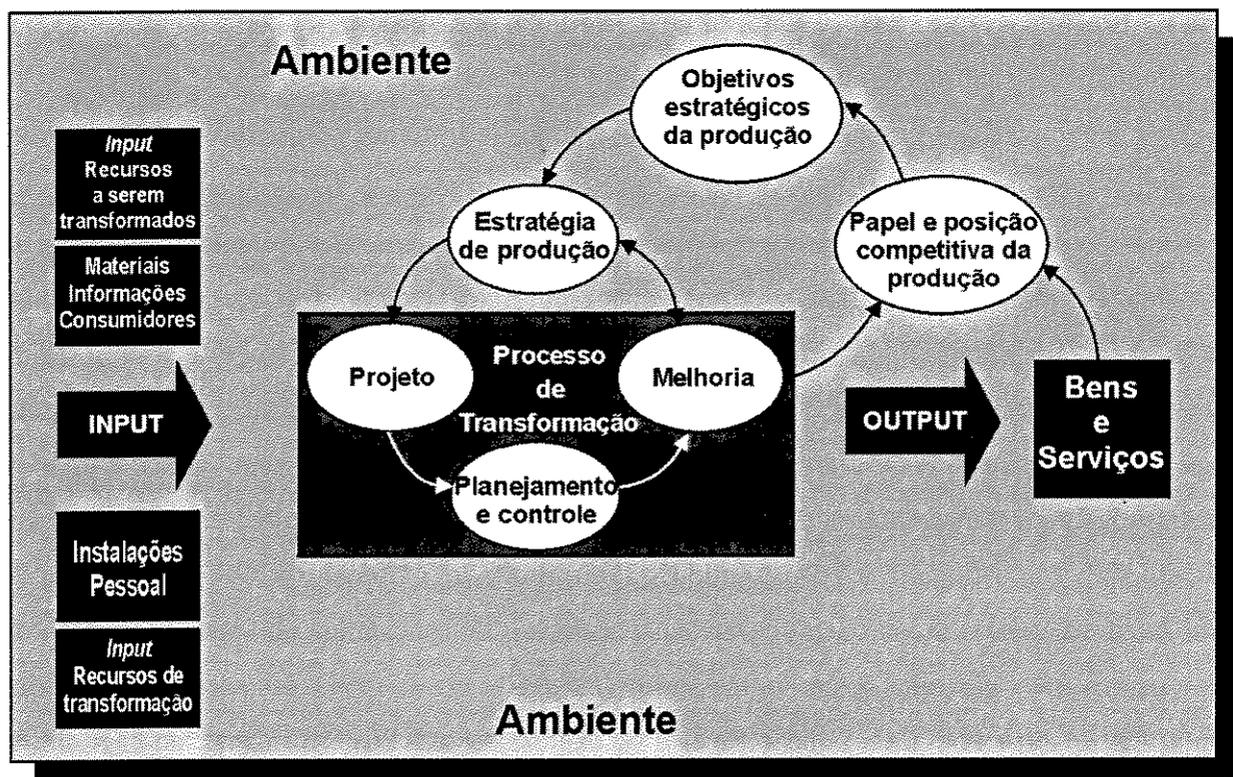


Figura 2.1 – Modelo geral da administração de produção (SLACK et al, 1997)

Na realidade, para muitos autores o conceito de sistema produtivo é mais amplo, abrangendo outras funções além da Manufatura.

Qualquer atividade de produção pode ser vista conforme esse modelo ilustrado na Figura 2.1 (*input – transformação – output*). Por exemplo, os hospitais possuem *inputs* de médicos, enfermeiras e outros funcionários da área médica; administradores, funcionários de limpeza, camas, equipamento médico, produtos farmacêuticos, sangue, rouparia, etc. Seu propósito é transformar pacientes doentes em pacientes saudáveis. Os *outputs* da operação são pacientes tratados, resultados de exames médicos, pesquisa médica e procedimentos médicos práticos. Pode-se descrever uma ampla variedade de operações dessa maneira como operação de: linha aérea, loja de departamentos, dentista, zoológico, gráfica, porto de containers, polícia, contabilidade, fabricante de alimentos, fabricante de automóveis, entre outros. Entretanto, há diferenças entre operações diferentes. Se alguém ficar bem afastado, do prédio de um hospital ou de uma fábrica de automóveis, eles podem parecer os mesmos. É provável que cada um deles seja um grande edifício onde entram funcionários e ocorrem entregas. Mas, basta aproximar-se dessas duas operações para observar o surgimento de diferenças claras. De início, um dos edifícios abriga operações de manufatura, produzindo bens físicos, e o outro envolve operação de serviço que produz mudanças nas condições fisiológicas nos sentimentos e no comportamento de pacientes.

A natureza dos processos contidos em cada edifício também será diferente. A fábrica de automóveis contém corte, conformação de metais e processos de montagem, enquanto o hospital contém diagnóstico, processos assistenciais e terapêuticos (conjuntos separados de instalações, máquinas, prédios e outros, que empregam tecnologias de processos muito diferentes). No entanto, a diferença mais importante entre as duas operações é a natureza de seus *inputs*. Ambas possuem “funcionários” e “instalações” como *inputs* de produção, mas agem sobre coisas bem diferentes. A fábrica de automóveis usa seus funcionários e instalações para transformar aço, plástico, tecido, pneus e outros materiais em veículos que, finalmente, são entregues aos consumidores. Por outro lado, os funcionários e a tecnologia de um hospital transformam os próprios consumidores. Os pacientes são parte do *input* de produção – são eles que serão “processados” (SLACK et al, 1997). Isso tem implicações importantes sobre como a produção precisa ser administrada. Posteriormente, no capítulo 4- sistemas de gestão da produção e da qualidade - esse assunto será mais explorado. Aqui, o ponto principal é examinar a natureza dos *inputs*, da transformação e dos *outputs* que compõem um sistema de manufatura.

Um sistema de manufatura pode ser visto como um conjunto de dispositivos físicos, computadores e pessoas, todos em operação para realizar uma tarefa produtiva (FREIDRICH & STANGE, 1997).

O planejamento e o controle eficientes da produção exigem, necessariamente, um conhecimento em tempo real da situação do sistema de produção (DURAN & BATOCCHIO, 1997). Os dados de entrada podem ser materiais em bruto e/ou dados (como por exemplo programas de CNC de peças), que devem ser processados, utilizando-se de vários componentes auxiliares do sistema, tais como ferramentas de corte, dispositivos de fixação e sensores de dados para retorno de informações. Os resultados podem também ser dados e/ou materiais que podem ser processados em outras unidades do sistema de manufatura.

A relação entre os dados de entrada, os estágios de fabricação e saída/resultados se dão na forma de informações de entrada e *feed-back*. O fluxo de informações entre os dados de entrada e saída do sistema de manufatura caracterizam os controles, sejam de qualidade ou de produção, que serão detalhados a seguir.

O sistema de manufatura como um todo também recebe influências e informações externas, assim como as devolve na forma de *feed-back*. Essas interrelações estão esquematizadas na Figura 2.2.

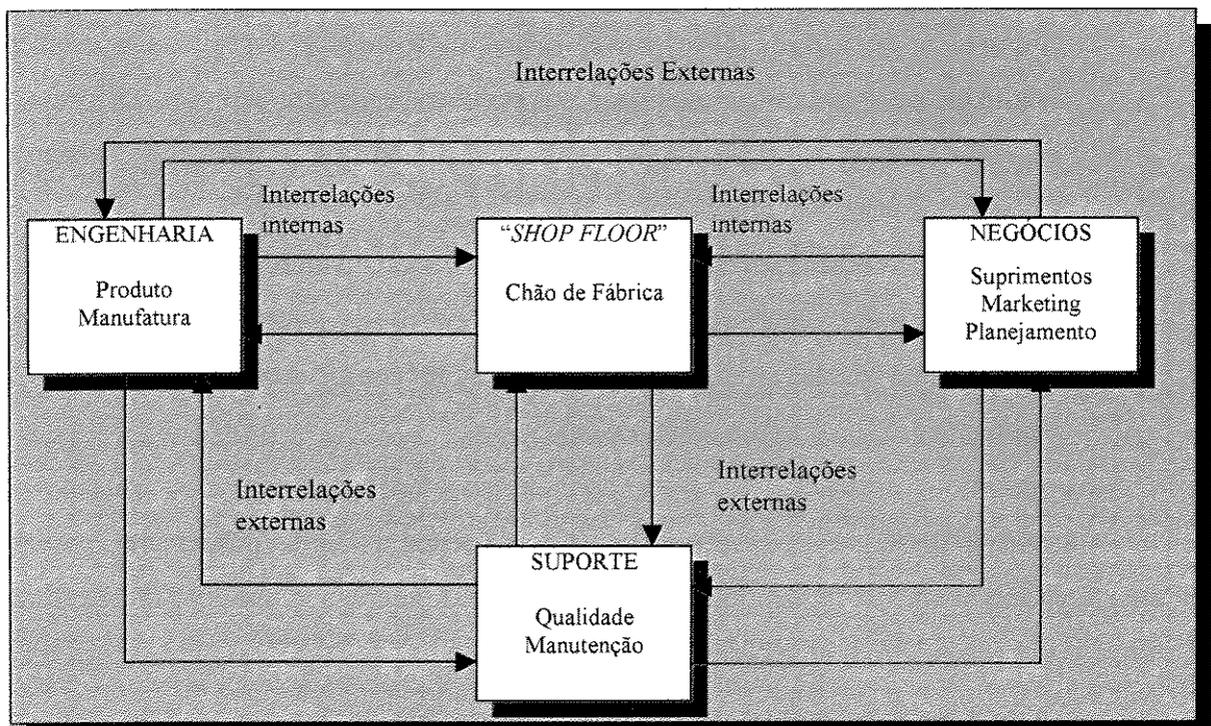


Figura 2.2 – Modelo Conceitual de Manufatura (AGOSTINHO, 1994)

A partir da definição de manufatura como sistema, este pode ser entendido como composição dos seguintes elementos básicos:

- **Engenharia**

O elemento correspondente à Engenharia é responsável pela criação e desenvolvimento dos produtos a serem fabricados, assim como o desenvolvimento dos meios de produção necessários (processos de fabricação, ferramental, equipamentos). Este elemento deve englobar as Engenharias de Produto e Fabricação, como são conhecidas hoje nas organizações industriais convencionais.

- **Chão-de-Fábrica (*Shop Floor*)**

As atividades de “chão-de-fábrica” ou (*Shop Floor*) são responsáveis por fabricar os produtos nos prazos e quantidades determinadas. Os recursos disponíveis, além das máquinas e equipamentos, são também a mão-de-obra direta (operadores) e indireta (suporte diretamente relacionado à produção). Atividades de suporte direto à manufatura, seja tecnológico ou administrativo, devem ser incorporados a essa atividade.

- **Suporte**

O Suporte às atividades de chão-de-fábrica é responsável por manter o seu desempenho e características; tanto de qualidade, quanto operacionais dos equipamentos. Assim ela poderá ser subdividida em:

- **Suporte à Qualidade** deve prover meios para manter controlada e estável a qualidade dos produtos; a qualidade dos produtos é sempre expressa na forma de especificações nos desenhos, tais como dimensões, tolerâncias, materiais, tratamentos térmicos, entre outros.
- **Suporte à Operação** deve prover meios para manter os equipamentos e instalações do chão-de-fábrica em condições operacionais adequadas; normalmente essas atividades são entendidas como **manutenção**, tanto dos equipamentos, quanto das instalações.

- **Negócios**

A atividade de Negócios deve ser a interface do sistema de manufatura com o mundo exterior, tanto do mercado consumidor (clientes) quanto do mercado supridor (fornecedores). Assim, ela compreenderá as atividades de:

- Marketing
- Suprimentos
- Planejamento

A atividade de planejamento e controle da produção será responsável pela ligação da atividade de negócios ao chão-de-fábrica. Em vários casos, em empresas com conceitos de integração de funções mais definido, as atividades de planejamento fino e controle da produção podem estar integradas às atividades de manufatura.

• **Inter-relação entre Atividades**

A inter-relação entre as diversas atividades do sistema de manufatura devem ser classificadas pela sua relação **direta** (vínculo operacional) como pela sua relação **indireta** (vínculo inter-relacional), conforme descreve-se na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Relações diretas e indiretas e seus respectivos vínculos (AGOSTINHO, 1994)

Relação Direta		Vínculo
Engenharia	↔ Chão-de-Fábrica	* Engenharia de Fabricação
Negócios	↔ Chão-de-Fábrica	* Planejamento e Controle da Produção
Suporte	↔ Chão-de-Fábrica	* Engenharia da Qualidade/Manutenção
Relação Indireta		Vínculo
Engenharia	↔ Negócios	* Marketing (para novos produtos) * Suprimentos (para desenvolvimento de fontes de suprimentos)
Engenharia	↔ Suporte	* Engenharia da Qualidade (especificações) * Manutenção (previsibilidade dos equipamentos)
Negócios	↔ Suporte	* Engenharia da Qualidade (qualificação de suprimentos e política da qualidade)

As quatro atividades citadas devem relacionar-se sinergicamente entre si para viabilizar a operação do sistema de manufatura como um todo; as relações diretas e indiretas e seus respectivos vínculos operacionais e inter-relacionais são os responsáveis pela operação do Sistema de Manufatura. (AGOSTINHO, 1994).

2.1.2 Evolução dos Sistemas de Manufatura

A palavra sistema é muito utilizada nas ciências e, principalmente, na administração empresarial. Ao falar em astronomia, pensa-se em sistema solar; se o assunto é fisiologia, pensa-se no sistema nervoso, no sistema circulatório, no sistema digestivo. A sociologia fala em sistema social, a economia em sistema monetário, a física em sistemas atômicos e assim por diante. A abordagem sistêmica hoje, em administração da produção, é tão comum que às vezes nem percebe-se que ela é utilizada a todo momento (CHIAVENATO, 1983).

Os principais nomes da administração clássica estão ligados a empresas do início do século 20: Taylor nos Estados Unidos, Fayol, na França e Ford também nos Estados Unidos. Entende-se a abordagem clássica através dos trabalhos desses profissionais, que focalizam sob diferentes ângulos a administração das empresas. Taylor organizou o trabalho do chão-de-fábrica; Ford organizou a produção - desde a aquisição de insumos até a forma pela qual estes seriam montados - e Fayol estruturou a empresa, pensando nos diversos departamentos necessários para que a produção funcionasse de acordo com o previsto, e em princípios gerais de administração, como os papéis da chefia da empresa. A análise da burocracia como estrutura de poder, por Max Weber e outros autores, completa o quadro para melhor compreensão das características e princípios da abordagem clássica (CONTADOR, 1997).

Nos Estados Unidos, Taylor, preocupado com a produtividade das empresas, iniciou um movimento de racionalização da produção que se espalhou pelo mundo levando o nome de Taylorismo. De acordo com Taylor, as empresas careciam de uma administração científica, que levasse em conta métodos de planejamento do trabalho realizados por administradores e engenheiros profissionais, não pelo operador no chão-de-fábrica. O trabalho de Taylor está fundamentado em algumas idéias básicas (TAYLOR, 1966).

Para Taylor, a divisão de atribuições entre quem produzia e quem planejava o trabalho permitia que existisse um planejamento científico.

“À gerência é atribuída a função de reunir os conhecimentos tradicionais que no passado possuíram os trabalhadores e então classificá-los, tabulá-los, reduzi-los a normas, leis ou fórmulas, grandemente úteis ao operário para a execução do seu trabalho diário” (FLEURY & VARGAS, 1983).

Na mesma época em que Taylor, nos Estados Unidos, defendia a administração científica, Fayol administrava uma grande empresa metalúrgica na França e introduzia

sistematização de critérios administrativos, enfatizando a dimensão **estrutura** da organização. Os bons resultados alcançados na sua administração levaram-no a propor uma série de princípios para a administração de empresas, alguns dos quais ainda podem ser vistos em prática em organizações de hoje (FAYOL, 1976).

Fayol definia o ato de administrar a partir de cinco **funções básicas**: prever, organizar, comandar, coordenar e controlar. Este entendimento da administração pode ser observado ainda hoje na estrutura de manuais de administração.

O modelo organizacional proposto por Fayol foi muito bem recebido pelos administradores da época; seus princípios resumem as características básicas da forma administrativa buscada no início do século, que em conjunto representam a linha de pensamento vigente na época. O sociólogo Max Weber buscou entender esta forma administrativa como um modelo de organização da sociedade, ao qual chamou **Burocracia**.

Para Weber, a forma organizacional das empresas no início do século 20 reflete a estrutura social da época; dito de outra maneira, as críticas reservadas a essa forma organizacional transpõem os limites da fábrica e atingem toda a organização social. Nessa linha de pensamento, duas características da burocracia devem ser salientadas: a **impessoalidade**: (a importância da pessoa reside no seu cargo e não no que a pessoa é); e a **formalidade**: (tudo deve ser formalizado para ser considerado pela burocracia) (CONTADOR, 1997).

Ao organizar a produção de carros de sua fábrica, Henry Ford contribuiu de forma definitiva para a abordagem clássica da administração e para a chamada **produção em massa**. (WOMACK et al, 1991).

As principais modificações introduzidas por Ford na organização da produção podem ser resumidas como:

- **Padronização do produto final**: o carro Ford modelo T virou símbolo de padronização da produção, por ter sido o primeiro veículo projetado a partir dessa concepção. Como dizia Ford, “pode-se ter o Ford T da cor que se queira, desde que seja preto”.
- **Intercambiabilidade das peças**: a falta de padronização das peças, situação comum antes da fábrica de Ford, implicava a necessidade de longo tempo para ajuste e encaixe durante a montagem do veículo.
- **Linha de montagem**: esteira transportadora que leva o produto até o operador, evitando que ele precise locomover-se entre uma operação e outra.

A economia de escala conseguida só foi possível, na época, por conta da produção em massa - como bem explica WOMACK et al, (1991) - como resultado da especialização de trabalhadores, processos e máquinas, assim como da padronização das peças e dos produtos.

Em 1927 inicia-se, numa fábrica da Western Electric situada no bairro de Hawthorne, em Chicago, uma experiência conduzida pela equipe de Elton Mayo, professor da Harvard School of Business Administration, que posteriormente seria tida como o início da abordagem de relações humanas. A Western Electric fabricava equipamentos telefônicos, e a pesquisa foi realizada em um departamento de relés, no qual o trabalho havia sido dividido em operações simples e repetitivas, executadas basicamente por moças (CONTADOR, 1997).

A ênfase principal desta abordagem de relações humanas recaía sobre a organização informal, isto é, o conjunto de relações interpessoais não regulamentadas na empresa que correm paralelamente à organização formal. Segundo Mayo, o nível de produção era resultante da integração social.

Os grupos informais constituem regras sociais às quais o indivíduo se submete, muitas vezes em detrimento das normas oficiais da empresa. É o caso dos operários que “amarram” a produção para não ferir a quota de produção estabelecida e imposta pelo grupo informal. Em Hawthorne, “a qualquer desvio das normas grupais, o indivíduo sofria punições sociais ou morais dos colegas, no sentido de se ajustar aos padrões do grupo”. (CHIAVENATO, 1979).

Segundo MOTTA (1981), são três as principais características desse modelo “homo social”:

- homem é apresentado como um ser cujo comportamento não pode ser reduzido a esquemas simples e mecanicistas;
- homem é, a um só tempo, condicionado pelo sistema social e pelas demandas de ordem biológica; e
- em que pesem as diferenças individuais, todo homem tem necessidade de segurança, afeto, aprovação social, prestígio e auto-realização.

Este modelo foi trabalhado por vários pesquisadores da área, em especial por Maslow, que defende que as necessidades dos seres humanos são hierarquizadas da seguinte forma:

- (1) necessidades fisiológicas;
- (2) necessidade de segurança;
- (3) necessidade de participação;
- (4) necessidade de auto-estima;
- (5) necessidade de auto-realização.

Para MASLOW, há uma hierarquia nessas necessidades, de maneira que as de ordem superior só se manifestam quando as de ordem inferior estão satisfeitas. As duas primeiras classes de necessidades humanas (fisiológicas e de segurança) são básicas e, enquanto não estão satisfeitas, o ser humano não se motivaria pelas seguintes, ligadas à vida social da pessoa.

HERZBERG (1973) também estudou a questão da motivação dos trabalhadores, chegando à conclusão de que os fatores que influíam na satisfação profissional eram desligados e distintos dos fatores que conduziam à insatisfação. Ele lança uma luz sobre o conteúdo do trabalho para torná-lo motivador, iniciando uma ponte entre o indivíduo (e sua motivação) e a organização, suas regras e a tarefa prevista. Apesar do indivíduo ainda ser o foco da sua teoria, ele está agora vinculado à organização, o que é essencial para se entender por que o trabalho é visto como tão desinteressante.

McGREGOR (1973), da mesma forma, estuda a administração como responsável por moldar o comportamento administrativo. McGREGOR descreve dois modelos de administração que chamou de Teoria X e Teoria Y. A Teoria X (na verdade a Escola de Administração Científica) parte da convicção de que o homem médio é indolente, falta-lhe ambição, não gosta de responsabilidade, prefere ser dirigido, é indiferente às necessidades da organização e resistente à mudança. Com tal concepção do ser humano, é natural que as empresas julguem que a administração deve dirigir os esforços do pessoal, motivando-o, controlando suas ações, modificando seu comportamento, tendo em vista as necessidades da organização. Resumindo, acreditam que administrar consiste em “fazer fazer”.

A teoria de McGREGOR (1973) contrapõe-se à Teoria Y, segundo a qual:

(1) “A administração é responsável pelos elementos produtivos da empresa: dinheiro, materiais, equipamentos e pessoas, para que esta atinja seus fins econômicos;

(2) As pessoas não são passivas nem resistentes às necessidades da organização, elas se tornam assim por experiências passadas;

(3) A motivação e o potencial para o desenvolvimento estão presentes nas pessoas. Não é a administração que os faz aparecer. É responsabilidade da administração fazer com que as pessoas reconheçam e desenvolvam essas características humanas por si próprias;

(4) A tarefa principal da administração é oferecer condições orgânicas e métodos de operação em que as pessoas possam atingir melhor seus próprios fins, orientando seus próprios esforços em direção aos objetivos da organização.

As principais críticas à abordagem de relações humanas dizem respeito à forma

ingênua pela qual ela é apresentada, acreditando que o enfoque no ser humano pode resolver problemas estruturais da organização. No entanto, desde Mayo, essa abordagem contribuiu para a teoria da administração ao questionar a administração científica, mostrando que o lado humano da organização também deve ser considerado para que as empresas possam evoluir.

A Figura 2.3 mostra os patamares do desenvolvimento dos Sistemas Sociais até aqui relatados.

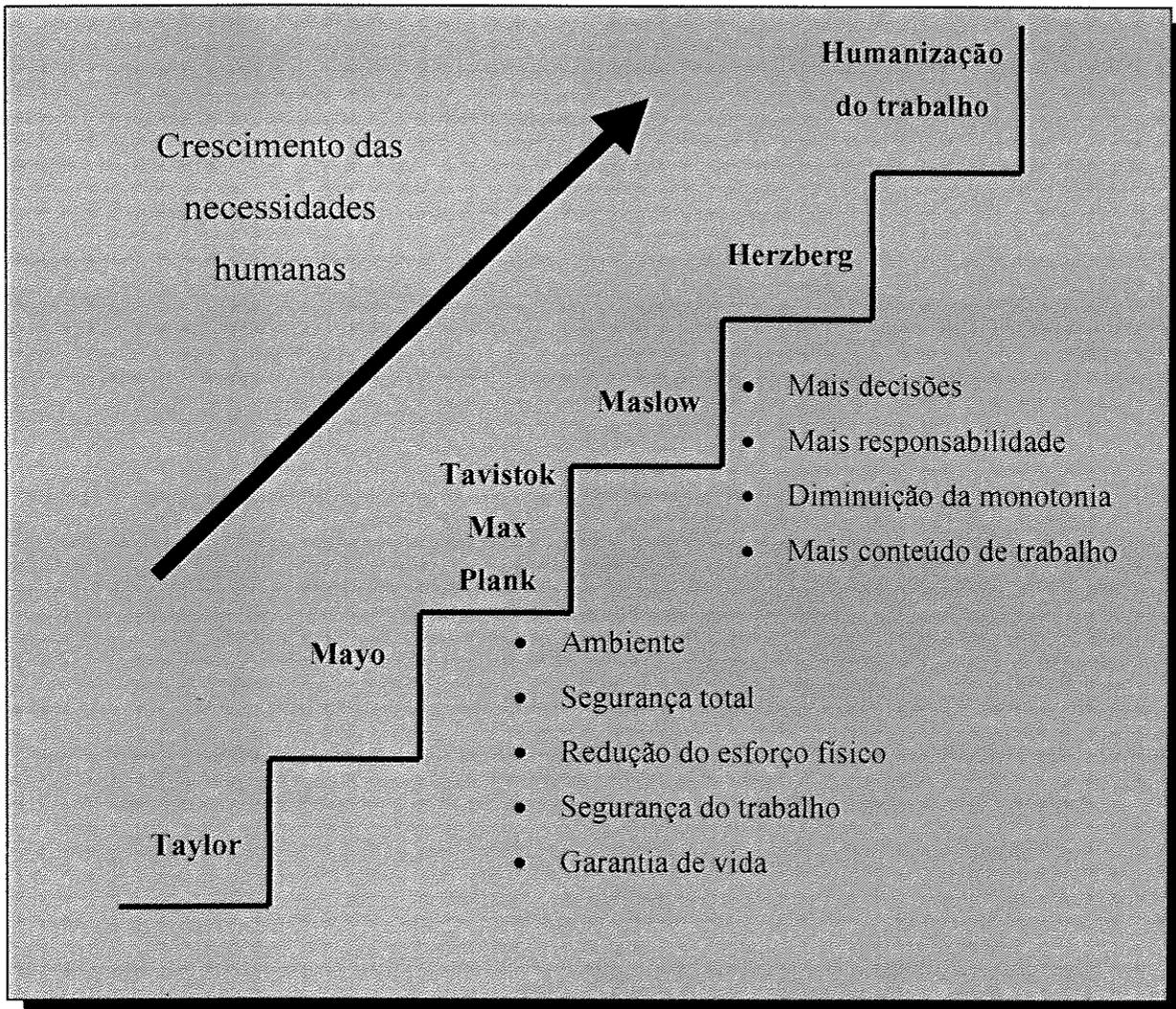


Figura 2.3 – Desenvolvimento dos Sistemas Sociais (AGOSTINHO, 1994)

Uma terceira abordagem, a sistêmica, que ganhou força a partir da década de 1960, foi muito bem apresentada por ACKOFF (1976).

Para o enfoque sistêmico não tem sentido analisar as partes do corpo humano separadamente, pois um órgão interfere no funcionamento do outro e no funcionamento do corpo em geral. Também para a sociedade, não é possível analisar os indivíduos

separadamente e ter uma idéia da sociedade em geral, pois as pessoas se inter-relacionam. Dessa forma, a era dos sistemas, não se preocupa com uma parte elementar, mas como um todo que se compõe de várias partes. O “todo” da era das máquinas passou a ser “parte” na era dos sistemas.

As tecnologias para geração, armazenamento, transmissão e manipulação de símbolos tornaram possível a mecanização do trabalho mental, ou **automação**. Enquanto o cerne da primeira revolução industrial foi a mecanização do trabalho físico, a revolução pós-industrial (ou segunda revolução industrial) está centrada na automação, ou mecanização do trabalho mental.

Para melhor entender a evolução dos sistemas de manufatura e suas mudanças, deve-se colocar a discussão dentro de um contexto histórico amplo, conforme os ciclos de KONDRATIEV apud AGOSTINHO (1994).

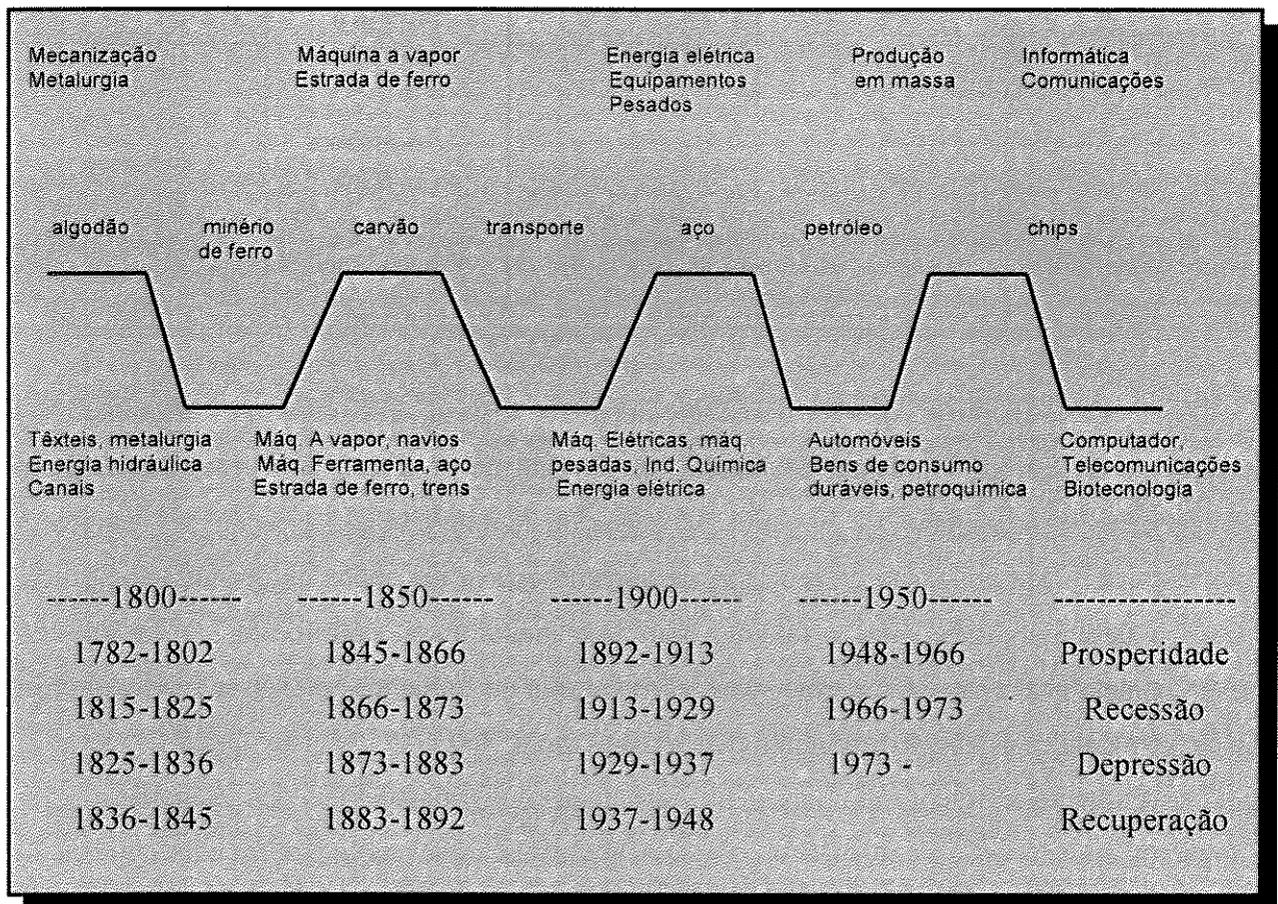


Figura 2.4- Ciclos de KONDRATIEV (apud AGOSTINHO, 1994)

Também, segundo AGOSTINHO (1994), pode-se analisar cada era histórica pela sua força predominante de riqueza e sua forma exclusiva de organização, como segue.

Tabela 2.2 - Eras Históricas e seus valores (AGOSTINHO, 1994)

ERA VALOR	FINAL AGRICULTURA	INDUSTRIAL INÍCIO	INDUSTRIAL FIM	INICIAL CONHECIMENTO
FONTE DE RIQUEZA	Terra	Trabalho	Capital	Conhecimento
TIPO DE ORGANIZAÇÃO	Feudal	Direito de Propriedade	Hierarquias definidas e muito escalonadas	Rede Humana
PRINCÍPIOS CONCEITUAIS		Divisão do Trabalho Interesse Próprio Pagamento por Tarefa	Divisão do Gerenciamento Separação Proprietário/ Administrador Separação Fazer/Pensar Uma pessoa/ Um chefe Automação	Rede sem Hierarquia Processos Integrados Trabalho através de diálogo Ajuste e Tempos do homem Equipes virtuais focalizadas em tarefas

Deve-se lembrar que o desenvolvimento industrial iniciou-se no artesanato. A economia da Europa Ocidental era feudal, constituída na produção com troca baseada em corporações e artesanato. O aumento da classe marcante levou a criação de “empresas domésticas”. A organização do processo de trabalho estava nas mãos do produto doméstico. Com o desenvolvimento das primeiras fábricas, “manufatura centralizada”, o capitalismo exercia, pela primeira vez, controle sobre as atividades do trabalho. Este desenvolvimento foi a chave para a transição do artesanato para a manufatura.

O desenvolvimento das habilidades gerenciais e organizacionais dos capitalistas e das condições sociais era ascendente. As primeiras mudanças foram na Inglaterra com a queda do emprego agrícola o que levou à procura de emprego nas novas fábricas nas cidades.

A evolução dos sistemas de manufatura pode ser facilmente entendida com a Figura 2.5 (DOLL & VONDEREMBSE, 1991).

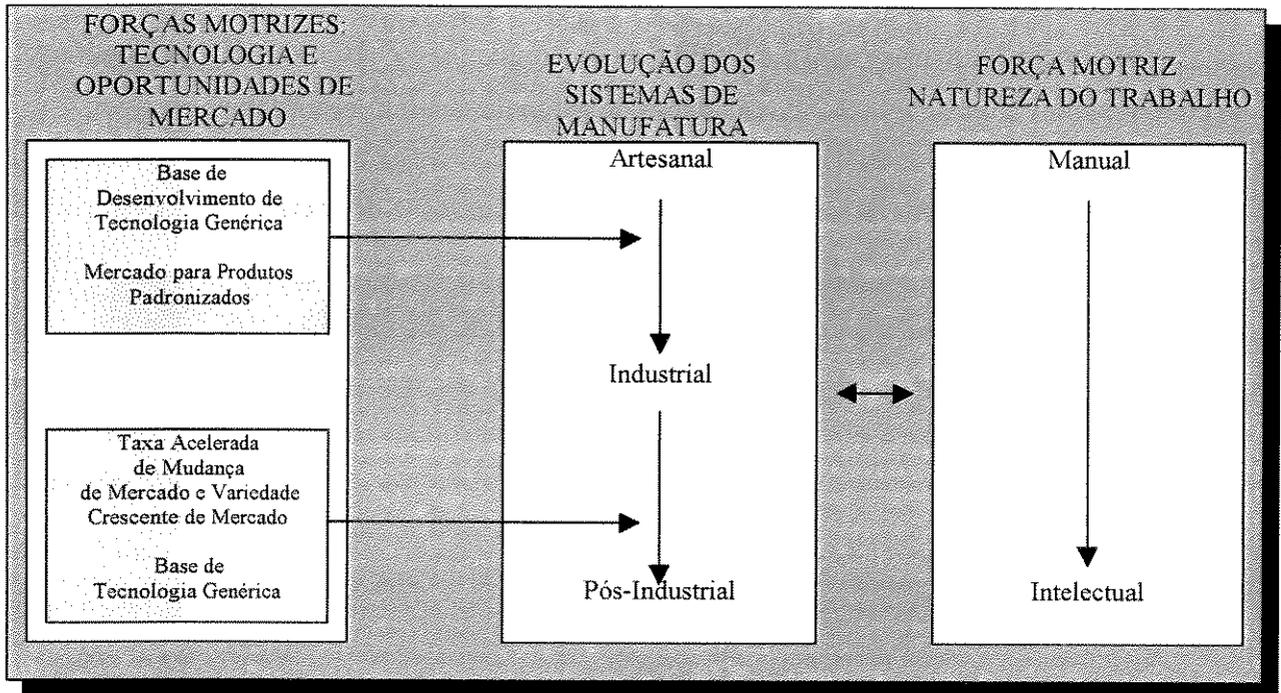


Figura 2.5 - A Evolução do Sistema de Manufatura (DOLL & VONDEREMBSE, 1991)

Também, segundo DOLL & VONDEREMBSE (1991), fazendo-se uma avaliação das características de desenvolvimento tecnológico produtivo na chamada Era Industrial e Pós-Industrial, tem-se:

Tabela 2.3 – Características da Era Industrial e Pós-Industrial (DOLL & VONDEREMBSE, 1991)

Características	Industrial	Pós-Industrial
Condições externas	Mercado em crescimento (suporte)	Mercado saturado e fragmentado (oportunidade)
Mercado	Tecnologia de produto e processo (oportunidade)	Tecnologia de informação (suporte)
Tecnologia	regulação pequena	regulação intensa
Regulação	Competição nacional (preço)	Competição Internacional (qualidade)
Competição	Hierárquica, divisional, burocrática	Achatada e orgânica
Condições internas		
Organização		
P&D	Distante, pretencioso, ineficiente	Ligado à prática e às demais funções
administração da produção	Centralizada, segmentada	Descentralizada, parte do trabalho
Sistema social		
orientação	Produto	Cliente
normas	eficiência/produtividade	desenvolvimento do produto e redução do tempo de produção
Sistema de Trabalho		Automação flexível
equipamento	Máquinas especializadas	intensivo em informação
natureza do trabalho	segmentado, desqualificado	auto-organizado e dirigido
grupos	segundo a função	
Sistema de controle		
medidas de desempenho	Específicas para cada operação	Múltiplas e globais
sistema de informações	formais, para controle, execução e da seqüência de operações	voltadas para mútuo ajuste e aprendizagem
Mecanismo de controle	estrutura hierárquica	mercado e cooperação de longo prazo

Atualmente, existe a necessidade de uma integração efetiva entre empresas, e entre elas próprias e seus fornecedores, parceiros e clientes.

Na Tabela 2.4 tem-se uma análise da evolução da micro eletrônica, ou seja, a geração de computadores com a evolução dos sistemas de gerenciamento da manufatura.

Tabela 2.4 - Gerações de Computadores e Gerenciamento (SAVAGE, C.M., 1991)

GERAÇÕES DE COMPUTADORES

GERAÇÕES DE GERENCIAMENTO

ELEMENTO FLUXO INFORMAÇÃO			CARACTERÍSTICAS BASE OPERACIONAL		
1ª Geração	Valvula	Unidade Central de Processamento Única Processamento Sequencial	1ª Geração	Proprietários	Pequenas Empresas Ação Direta do Proprietário
2ª Geração	Transistor	Unidade Central de Processamento Única Processamento Sequencial	2ª Geração	Hierarquia Definida Smith/ Taylor/Fayol	Informação Serial Divisão do Trabalho Divisão de Gerenciamento Um Chefe - Um Subordinado
3ª Geração	Circuitos Integrados	Unidade Central de Processamento Única Processamento Sequencial	3ª Geração	Estrutura Matricial	Informação Serial Divisão do Trabalho Mais de Um Comando Várias Tarefas Simultâneas
4ª Geração	Integração em Alta Escala	Unidade Central de Processamento Única Processamento Sequencial	4ª Geração	Interfaceamento Das Estruturas Via Computador	Informação Geral Interfaceamento Horizontal e Vertical DSE Funções (Box) Especialização
5ª Geração	Processamento em Rede	Unidades de Processamento Distribuídas Processamento Paralelo	5ª Geração	Integração Através de Agrupamento (Network) de pessoas	Agrupamento de pessoas para Tarefas Integração com Pessoas Multiespecialização
GARGALO DE VON - NEUMANN: UNIDADE CENTRAL DE PROCESSAMENTO FONTE: REF. 5 th GENERATION MANAGEMENT CHARLES SAVAGE MASSACHUSSETS INSTITUTE OF TECHNOLOGY - BOSTON - USA			PASSAGEM PARA 5ª GERAÇÃO: ROMPIMENTO DO GARGALO DAS TEORIAS DE TAYLOR/SMITH/FAYOL		

2.1.3 Classificação dos Sistemas de Manufatura

Os sistemas de manufatura ou sistemas produtivos, aqui entendido como podendo ser um único homem (um soldador, por exemplo), uma única máquina, um conjunto de máquinas, uma oficina, e outros, tem sido classificados das mais diversas formas e sob os mais diferentes parâmetros.

A classificação mais ampla e mais genérica encontrada, provavelmente é aquela que os cataloga em função da atividade econômica à qual pertencem:

- primária: agropecuária, extrativismo;

- secundária: indústria;
- terciária: serviços.

PIRES (1989) classifica os sistemas produtivos com base no volume produtivo em dois grandes grupos: produção contínua e produção intermitente. A indústria química é um exemplo tradicional de sistema produtivo contínuo, na qual os volumes são altos e a diversificação é baixa. No que se refere à produção intermitente, a indústria eletro-mecânica é o exemplo típico, a qual é dividida em produção em massa (componentes/produtos padronizados), em lotes (autopeças) e individual (grandes projetos). Os lotes podem ainda ser classificados em pequenos, médios e grandes, não existindo, porém, um critério genérico para se fazer essa classificação, ou seja, o que é considerado pequeno lote numa indústria pode ser considerado grande numa outra e assim por diante.

A Figura 2.6 ilustra esse tipo de classificação dos sistemas produtivos intermitentes.

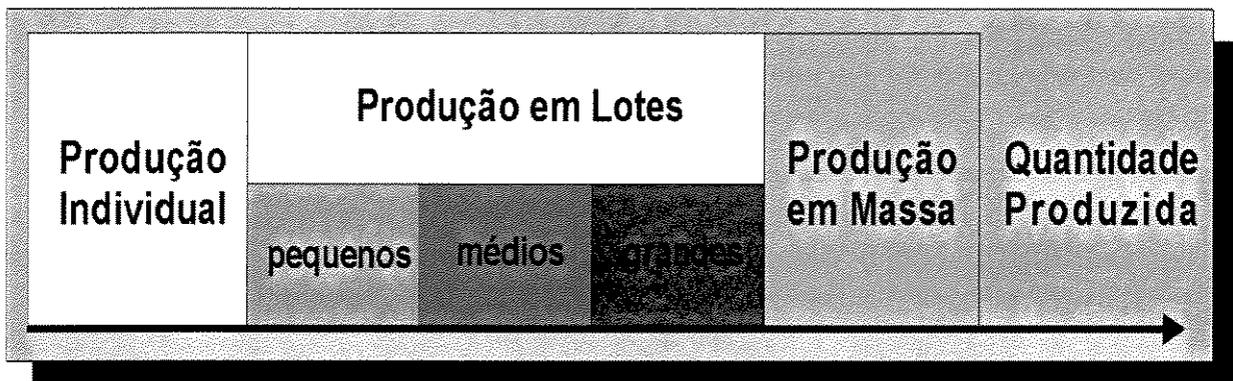


Figura 2.6 – Classificação dos Sistemas Produtivos Intermitentes (PIRES, 1989)

BUFFA & SARIN (1987) classificam os sistemas produtivos sob dois ângulos distintos. Numa primeira classificação, eles dividem os sistemas baseados na tecnologia de produção empregada. Dois tipos extremos são identificados:

- **Sistemas focalizados no processo (*process-focused*)** – São sistemas capazes de produzir de acordo com as especificações dos clientes, ou seja, voltados para a produção de produtos customizados. Têm como maior característica a flexibilidade produtiva.

Na prática, são representados principalmente pelos tradicionais *layouts* por processo/funcionais (*job shop*), consistindo no agrupamento de máquinas com capacidades similares (grupo de tornos, fresadoras, mandriladoras, entre outras).

- **Sistemas focalizados no produto (*product-focused*)** – São sistemas capazes de produzir produtos padronizados em grandes volumes. Têm como maior característica a alta

produtividade/taxa de produção. Na prática são representados pelos *layouts* por produto/em linha (*flow line*), caracterizados principalmente pelas linhas de montagem da indústria automobilística e de eletrodomésticos, com máquinas de propósitos únicos.

Numa segunda classificação, os autores dividem os sistemas em produção para estoque (*production to stock*) e produção sob encomenda (*production to order*). Combinando, então, esses dois critérios de classificação, os autores montam uma tabela com exemplos de cada tipo, conforme Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Sistemas produtivos e seus produtos (BUFFA & SARIN, 1987)

SISTEMA	PARA ESTOQUE	SOB ENCOMENDA
Focalizado no Produto	calculadoras, televisores, fotocopiadoras, máquinas fotográficas	ônibus, caminhões, componentes eletrônicos, fios e cabos
Focalizado no Processo	instrumentos médicos, equipamentos para testes, peças sobressalentes	máquinas, ferramentas, navios, foguetes espaciais, componentes eletrônicos

BURBIDGE (1990) classifica os sistemas produtivos através de dois critérios distintos. Pelo primeiro critério eles são classificados em quatro tipos, de acordo com a variedade apresentada de materiais e produtos, como segue.

- **Processo** – converte uma pequena variedade de materiais numa pequena quantidade de produtos, geralmente usando uma pequena quantidade de processos numa seqüência comum.
- **Implosivo** – converte uma pequena variedade de materiais numa grande quantidade de diferentes produtos.
- **Quadrado** – converte uma grande variedade de materiais numa grande variedade de produtos.
- **Explosivo** – converte uma grande variedade de materiais numa pequena variedade de produtos.

O segundo critério de classificação usado por esse autor divide os sistemas produtivos em três tipos distintos, de acordo com a tecnologia de produção empregada. Esses três sistemas são:

- **Jobbing** – produzem produtos especiais numa quantidade única ou em lotes únicos. Eles podem ser produzidos novamente, mas não existe como prever quando um novo

pedido pode ser feito novamente;

- **Batch** – produzem produtos repetitivos de forma intermitente e em lotes. Diferentes produtos e peças são produzidos ao mesmo tempo, dividindo as mesmas máquinas e instalações;

- **Contínua** – produzem produtos repetitivos de forma contínua. As máquinas e instalações são arranjadas em linhas, na mesma seqüência em que são usadas e existe um fluxo contínuo de materiais entre elas.

Combinando os dois critérios de classificação do autor, tem-se a adaptação conforme a Tabela 2.6.

Tabela 2.6 – Classificação dos sistemas produtivos segundo a variedade de materiais e produtos (Adaptado de BURBIDGE, 1990)

SISTEMA	PROCESSO	IMPLOSIVO	QUADRADO	EXPLOSIVO
<i>Jobbing</i>		Fundição, Cerâmica	Sistemas de Aquecimento e de Raio X	Produção de navios, Eng. Civil
<i>Batch</i>	Cervejas, Tijolos	Fundição, Cerâmica, Vidros	Tinturaria Têxtil	Máquinas, Ferramentas, Tecelagem, Compressores
Contínuo	Cimento, Açúcar, Químicos			Carros, Tratores, Televisores
Materiais & Produtos	m  p	m  p	m  p	m  p
	m: materiais		p: produtos	

Com um grau maior de profundidade, diferentes tipos de sistemas produtivos resultarão em diferentes tipos de processos, ou seja, a forma com que as entradas serão processadas e transformadas em saídas. SLACK et al (1997) definem 5 tipos de processo, conforme abaixo:

- **Processos de projeto:** são os que lidam com produtos discretos, usualmente bastante customizados. Com muita freqüência, o período de tempo para fazer o produto é

relativamente longo como é o intervalo entre a conclusão de cada produto. Logo, baixo volume e alta variedade são as características mais marcantes deste processo.

Exemplos de processos por projeto incluem construções de navios, produção de filmes, construções de turbinas para hidrelétricas, trocadores de calor, enfim, produtos que exigem dedicação total do sistema.

- **Processos de *jobbing*:** também lidam com variedade muito alta e volume muito baixo. Porém, diferem dos processos por projeto por dividirem os recursos da operação com outros diversos produtos.

Os recursos podem ser alocados a diferentes produtos ao mesmo tempo com um volume um pouco maior do que os processos por projeto, porém é difícil a repetição do produto em um curto espaço de tempo.

Exemplos de processos de *jobbing* compreendem muitos técnicos especializados, como ferramentaria, alfaiates, gráficas, firmas de usinagem em geral.

- **Processos em lotes:** podem parecer-se com os processos de *jobbing*, contudo não apresentam uma variedade tão grande. Como o nome indica, cada vez que um processo em lote produz um produto, este é feito em mais de uma unidade, geralmente em um número expressivo. Dessa forma, cada parte da operação está se repetindo, pelo menos enquanto o lote está sendo processado. O processo em lote fica estabelecido entre o processo por *jobbing* e o processo em massa. Atualmente, este é o tipo mais encontrado na indústria metal-mecânica, por apresentar uma gama mais ampla de níveis de volume e variedade.

Exemplos de processos em lotes, tem-se manufatura de máquina-ferramenta, indústria de autopeças e produção de eletroeletrônicos.

- **Processos de produção em massa:** são os que produzem bens em alto volume e variedade relativamente estreita. As atividades em uma montadora de automóveis são essencialmente repetitivas e previsíveis. Esse processo foi o mais utilizado pelas grandes indústrias no início deste século, tendo como precursor Henry Ford. Seu estilo de produzir ficou conhecido como fordismo.

Tem-se como exemplo as indústrias de automóveis, televisões, CDs, garrafas plásticas, dentre outras.

- **Processos contínuos:** situam-se além do processo em massa, pois apresentam volume ainda maior e variedade menor. Normalmente operam por períodos mais longos, literalmente em um processo ininterrupto.

Esse tipo de processo geralmente é encontrado na indústria química, siderúrgica e de

celulose.

Uma outra maneira importante, sob a ótica deste trabalho, é de se classificar os sistemas produtivos de acordo com as formas de interação dos mesmos com os clientes. Embora atualmente o conceito de cliente seja também utilizado internamente à empresa, nesse caso, trata-se de cliente externo, ou seja, conforme o nível de interferência que o comprador pode ter no produto final. Numa classificação superficial, isso significaria dividi-los em sistemas do tipo que produzem para estoque e do tipo que produzem sob encomenda. Complementarmente, poder-se-ia generalizar dizendo que o primeiro grupo englobaria os sistemas em que a venda do produto geralmente é feita após a sua produção, enquanto que o segundo grupo englobaria aqueles na qual ela é feita geralmente antes da sua produção. WEMMERLÖV (1986), classifica os sistemas produtivos em três tipos básicos:

- **Produção para Estoque (*MTS - Make to Stock*)** – Caracteriza os sistemas que produzem produtos padronizados (“produtos de prateleira”), baseados em previsões de demanda. Nesse caso, nenhum produto customizado é produzido, porque o pedido (venda) é feito com base no estoque de produtos acabados.

Isso significa que a interação dos clientes com o projeto dos produtos é muito pequena e/ou rara. Os sistemas MTS têm como principal vantagem a rapidez na entrega dos produtos, mas os custos com estoques tendem a ser grandes e os clientes não têm como expressar suas necessidades a respeito dos produtos. Nesses sistemas, os ciclos de vida dos produtos tendem a ser relativamente longos e previsíveis.

- **Montagem sob Encomenda (*ATO - Assemble to Order*)** – Caracteriza os sistemas em que os subconjuntos, grandes componentes e materiais diversos são armazenados até o recebimento dos pedidos dos clientes contendo as especificações dos produtos finais. A interação dos clientes com o projeto dos produtos é limitada. Nos sistemas ATO as entregas dos produtos tendem a ser de médio prazo e as incertezas da demanda (quanto ao mix e volume dos produtos) são gerenciadas através de um excesso no dimensionamento dos estoques de subconjuntos e capacidade das áreas de montagem.

- **Produção sob Encomenda (*MTO - Make to Order*)** – O projeto básico pode ser desenvolvido a partir dos contatos iniciais com o cliente, mas a etapa de produção só se inicia após o recebimento do pedido formal. A interação com o cliente costuma ser extensiva e o produto está sujeito a algumas modificações mesmo durante a fase de produção. Num sistema MTO, os produtos geralmente não são “um de cada tipo” porque usualmente são projetados a partir de especificações básicas. Os tempos de entrega tendem ser de médio a longo

prazo e as listas de materiais são usualmente únicas para cada produto.

A Tabela 2.6 faz um pequeno comparativo dos três sistemas em relação a alguns itens importantes para as atividades de Planejamento e Controle da Produção.

Tabela 2.7 – Algumas características importantes dos sistemas MTS, ATO e MTO (Adaptado de WEMMERLÖV, 1986)

ITEM	MTS	ATO	MTO/ETO
Interface entre a Manufatura e os clientes	Pequena	Média	Grande
Tempo de entrega dos produtos	Pequeno	Médio	Grande
Volume de produção para cada unidade de venda	Grande	Médio	Pequeno
Tamanho da linha de produtos	Média	Grande	Pequena
Base para o PCP	Previsões	Previsões e Pedidos	Pedidos

WEMMERLÖV (1986) também argumenta que a escolha sobre qual dessas abordagens a empresa irá utilizar é uma decisão estratégica que irá influenciar fortemente a sua forma de gerenciar a produção.

Para ele, os sistemas MTS e MTO são sistemas “puros” enquanto que o ATO é um sistema “híbrido”, sendo que a maioria das indústrias tende a começar suas atividades com os sistemas MTS e MTO, passando posteriormente para o ATO. Uma indústria passaria do sistema MTS para o ATO com o objetivo de aumentar sua variabilidade de produtos e oferecer melhores serviços aos clientes. Por outro lado, passaria do sistema MTO para o ATO com o objetivo de expandir seu volume produtivo e/ou aproveitar as similaridades existentes entre seus produtos.

MARUCHECK & McCLELLAND (1986), acrescentam mais um sistema aos três já relatados:

- **Engenharia sob Encomenda (ETO - *Engineering to Order*)** – É como se fosse uma extensão do sistema MTO, com o projeto do produto sendo feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Os produtos são altamente customizados (“um de cada tipo”) e o nível de interação com os clientes é muito grande.

Para melhor caracterização dos sistemas produtivos, relaciona-se na Tabela 2.7 características aplicáveis no setor metal-mecânico, conforme AGOSTINHO (1994).

Tabela 2.8 – Características dos Sistemas de Produção aplicáveis no setor metal-mecânico (AGOSTINHO, 1994)

Características dos Sistemas de Produção aplicáveis no setor metal-mecânico			
Descrição das Especificações	Individual	Lotes	Massa
Exemplos de Produtos	* Aviões * Motores Marítimos * Grandes Turbinas * Veículos Especiais	* Máquina - ferramenta * Grandes motores elétricos * Máquinas agrícolas	* Automóveis * Aparelhos domésticos * Parafusos
Tipos de Máquinas - ferramenta	* Máquinas Universais * Máquinas NC	* NC carreg. automático * Células de máquinas-ferramenta * Sistemas flexíveis de usinagem	* Linhas tipo transferência ou multi-estações * Máquinas especiais ou dedicadas
Lote de peças (nº de peças)	1 a 10	10 a 5000	Acima de 5000
Estimativa em % da produção total	10 a 20	60 a 80	10 a 30
Produção típica (peças/turno)	1 a 32	1 a 20	20 a 3000
Variedades de Peças	* Tamanho, formas e materiais bastante diferentes	* A maioria similar em forma ou tipos de processos, poucos materiais	* Peças essencialmente iguais 1 ou 2 materiais
Flexibilidade das Máquinas-ferramenta	ALTA * Combinam-se vários processos de usinagem em 1 máquina	MÉDIA * Limitada a família de peças; pode-se alterar ferramenta, velocidades, avanços e dimensões	BAIXA * Usualmente somente alterações em avanços, velocidades e dimensões das peças
Tipo de ferramenta de corte	* Ferramentas standard em sua maioria	* Algumas ferramentas especiais	* Ferramentas especiais
Alimentação automática de peças (movimentação entre máquinas)	Muito rara	Em muitos casos	Sempre em todos os casos
Numero de ferramentas cortando simultaneamente por estação ou máquina	1	1 ou 2 talvez 3 ou 4	1 a 30
Documentação típica para o operador da máquina	* Croqui ou desenho da peça, roteiro de fabricação, fitas NC	* Desenho e/ou fita NC * Entrada ou saída de dados de terminal * Roteiros/folhas de processo	* Instruções limitadas, eventualmente algumas instruções detalhadas para o operador
Tipos de Unidades de controle	* Máquinas NC ou controle manual	* Máquinas CNC sozinhas * Grupos de CNC + controle supervisão	* Cames, temporizadores, limitadores de curso do controle programável
Tempo de corte típico (% sobre o tempo total)	* 4 a 7 (turno único) * 12 a 31 (3 turnos)	10 a 25	20 a 38
Layout da fábrica	* Pode-se realocar pequenas máquinas-ferramenta	* Alguma flexibilidade	* Cuidadosamente planejada, mas não flexível
Possibilidade de crescimento por módulos	* Boa, pode-se adicionar máquinas-ferramenta extras	* Difícil em um sistema	* Não usualmente possível
Tamanho de fábrica típico	* Pequenas fábricas * Centro de manutenção * Fábricas de produtos especiais	* Qualquer tamanho	* Em sua maioria grandes fábricas
Facilidade de implementação de alterações de desenho no produto	Fácil	Limitado	Muito difícil

2.2 Prioridades Competitivas da Manufatura⁽¹⁾

2.2.1 Conceito de Prioridade Competitiva

Após várias décadas de prosperidade e expansão vigorosa, muitas empresas perderam de vista o que PORTER (1985) denominou de vantagem competitiva em sua luta por crescimento/diversificação.

A vantagem competitiva surge fundamentalmente do valor que uma empresa tem de criar condições para o seu mercado consumidor. Esse valor pode tomar a forma de preços inferiores aos da concorrência para produtos equivalentes ou ser traduzido em benefícios únicos, na forma de qualidade adicional percebida pelo consumidor, de forma que compense o incremento no preço do produto.

As Prioridades Competitivas, que costumam também ser chamadas de Dimensões Competitivas, Objetivos da Manufatura e Missões da Manufatura, podem ser definidas como sendo um conjunto consistente de prioridades que a indústria terá para competir no mercado. Elas se aplicam primariamente ao nível funcional, especialmente na função Manufatura, e constituem, seguramente, um referencial básico de qualquer Estratégia de Manufatura.

A maioria dessas Prioridades foi delineada ainda na década passada por autores como FERDOWS et al (1986), que sugeriam a relação abaixo:

- habilidade para oferecer baixos preços;
- habilidade para fazer rápidas mudanças no projeto e/ou introduzir novos produtos rapidamente;
- habilidade para oferecer consistência na qualidade;
- habilidade para oferecer produtos com alto desempenho;
- habilidade para oferecer uma ampla linha de produtos;
- habilidade para produzir produtos rapidamente;
- habilidade para oferecer confiabilidade nos prazos;
- habilidade para mudar o volume de produção rapidamente;
- habilidade para mudar os programas de produção rapidamente.

⁽¹⁾ Este tópico está baseado no trabalho de PIRES (1995) e embora importante, não se constitui no foco principal da pesquisa.

Essas nove Prioridades acabaram posteriormente sendo condensadas em quatro Prioridades principais:

- Menor custo;
- Qualidade;
- Desempenho das Entregas;
- Flexibilidade.

Atualmente pode-se dizer que já existe uma quantidade considerável de pesquisas empíricas no exterior, que comprovam a relevância dessas quatro Prioridades (PIRES, 1995).

Alguns autores, como LEONG et al (1990), costumam acrescentar uma Quinta Prioridade Competitiva às quatro já descritas: a Inovatividade ou Inovação Tecnológica como foi chamada neste trabalho.

Um ponto importante, destacado por GAJ (1987), para o sucesso competitivo da empresa é aquele que relaciona o processo de escolha do consumidor com as estratégias da empresa. A atitude estratégica da empresa está relacionada com a adaptação/inclusão nos seus produtos, desses fatores julgados importantes pelo consumidor. Se a empresa agir em dissonância com os critérios de avaliação dos consumidores, utilizados durante o processo de compra, terminará por perder quotas de participação no mercado.

A escolha de uma estratégia competitiva adequada é hoje uma das decisões empresariais mais importantes e um desafio para os dirigentes, porque é desta opção que derivam as demais estratégias operacionais da empresa.

Para BUSACCA (1990), a posição competitiva e o poder de mercado da empresa se revelam tanto mais sólidos quanto mais amplos e concretos forem os motivos da preferência do consumidor que ela consegue determinar e incorporar aos seus produtos.

Sob essa ótica, a análise do consumidor possui crucial importância para um correto gerenciamento das relações oferta/demanda. Esta relação, sujeita a uma evolução contínua e irregular, deve ser o alvo de constantes avaliações que garantam um grau de coerência aceitável entre as políticas competitivas da empresa e a dinâmica de desenvolvimento da demanda, da tecnologia e da concorrência.

Lembrando que “a meta de uma empresa de manufatura é ganhar dinheiro no presente, bem como no futuro” (GOLDDRATT et al, 1990). Portanto, para que a empresa esteja em condições de alcançar com sucesso sua finalidade de lucro e crescimento a longo prazo, em um ambiente competitivo cada vez mais complexo, é necessário que a sua oferta antecipe as exigências e necessidades dos consumidores. Para tanto, deve responder às eventuais

descontinuidades na dinâmica da demanda através de ações adequadas nos seus planos estratégicos, organizacionais e tecnológicos.

A seguir descreve-se as cinco Prioridades Competitivas estudadas e utilizadas em pesquisa na indústria metal-mecânica no capítulo 5 deste trabalho.

2.2.2 Menor Custo

Para PIRES (1995), uma indústria pode definir como sua prioridade, no tocante à sua competitividade, o fator custo. Assim sendo, ela deverá produzir a um custo tanto mais baixo quanto for possível, o que pode possibilitar a prática de preços também mais baixos quanto possível. A já discutida relação existente entre preço, custo e lucro repete-se aqui novamente da mesma forma.

A priorização dos custos como uma forma de competir no mercado é a mais antiga das estratégias utilizadas. A história da indústria ilustra isso muito bem. Os princípios de divisão do trabalho instituídos por Adam Smith no século 18, através de seu clássico livro “A Riqueza das Nações” (*The Wealth of Nations*), e os de “Administração Científica”, instituídos por Frederick W. Taylor no início deste século, já citados neste trabalho, eram fortemente baseados na concepção de uma fábrica eficiente e com baixos custos. A fábrica concebida por Henry Ford para seu automóvel Ford modelo T tornou-se o exemplo clássico da implementação desses princípios.

Uma estratégia que prioriza a questão do custo geralmente está baseada em três conceitos, também clássicos, dentro do ambiente empresarial que são a economia de escala, a curva de experiência (aprendizado) e a produtividade, os quais tendem a ser utilizados complementarmente. Esses conceitos são discutidos a seguir:

- **Economia de escala** – Pode-se definir a Economia de Escala como sendo o conceito que visa diminuir os custos unitários de produção dos produtos através do aumento no volume de produção dos mesmos.

A idéia básica da Economia de Escala consiste em baixar os custos dos produtos através de uma maior “diluição” dos custos indiretos, ou seja, através de um volume de produção maior. Isso sem contar com a possibilidade de economias de escalas nos próprios custos diretos, como por exemplo, os descontos conseguidos junto aos fornecedores através de compras maiores.

Alguns autores como TALAYSUM et al (1986) definem a Economia de Escala de

forma mais genérica, como sendo aquela na qual as taxas de saída (*outputs*) de um processo crescem mais que suas taxas de entradas (*inputs*).

- **Curva de experiência** – O conceito de Curva de Experiência ou Curva de Aprendizado também é antigo e remonta aos trabalhos pioneiros de Adam Smith sobre divisão do trabalho. Basicamente ele consiste na obtenção de um maior desempenho, ou produtividade, na execução de uma certa tarefa através de sua padronização e repetição continuada, até o atingimento de um patamar de equilíbrio.

Uma nova face desse conceito tem sido atualmente aplicada às organizações com o título original de “*Organizational Learning*”, conforme demonstra GARVIN (1993). Essa nova face diz respeito principalmente à habilidade acumulada de uma organização em criar, adquirir e transferir conhecimento.

- **Produtividade** – O conceito de Produtividade tem sido tradicionalmente associado, e quantificado, como sendo a taxa produtiva resultante da divisão das saídas (*outputs*) pelas entradas (*inputs*) de um sistema produtivo qualquer.

Durante muito tempo ele tem sido um conceito extremamente utilizado e divulgado pelas indústrias. Todavia, com o crescimento da diversificação e customização dos produtos colocados pelo mercado, a intocável relevância do conceito começou a ser questionada, começando a sofrer uma série de críticas inexistentes até então.

Foi principalmente durante os anos 80 que surgiram vários trabalhos que criticam fortemente o enfoque tradicional dado pelas indústrias à produtividade. Segundo SKINNER (1986), durante aproximadamente 150 anos a indústria se baseou sobretudo nesse conceito e que os chamados “programas de aumento de produtividade” se limitavam apenas às chamadas “reduções de custos”, preocupando-se demasiadamente com a produtividade da mão-de-obra direta, a qual representava um custo em torno de 10% do custo total dos produtos na maioria das indústrias. Como alternativa, o autor propõe a criação de uma Estratégia de Manufatura que contemple principalmente as amplas questões da competitividade. Nessa mesma linha, HAYES & JAIKUMAR (1988), mostram que as empresas freqüentemente gastam 75%, ou mais, de seus recursos para controlar e medir custos que representam menos que 15% do seu custo total.

O aumento na produtividade foi causado basicamente pela substituição da mão-de-obra pelo planejamento, da força física pelo cérebro, do suor pelo conhecimento (DRUCKER, 1988).

DRUCKER (1990) faz uma crítica ainda mais contundente aos sistemas de custos

utilizados pelas indústrias. Segundo ele, os sistemas atualmente em uso pela grande maioria das indústrias são praticamente os mesmos desenvolvidos nos anos 20 nos EUA pelas empresas General Motors, General Electric e Western Electric e que foi mundialmente exportado após a Segunda Guerra Mundial. Naquela época, o custo da mão-de-obra direta representava algo em torno de 80% do total dos custos de produção e hoje gira em torno de 15% mesmo nos países de *World Class Manufacturing*. O autor menciona o caso de uma indústria norte-americana com uso intensivo de mão-de-obra direta, a Beckman Instruments, que já alocava esse custo ao grupo das “miscelâneas”.

COOPER (1989) apresentava vários motivos que mostram a inadequabilidade da maioria dos sistemas de custos altamente em uso nas indústrias, os quais se adequam a uma realidade industrial já ultrapassada.

SKINNER (1974) salienta que a noção de que uma boa fábrica é uma fábrica com baixos custos, pode ser desastrosa se a indústria sacrificar outras prioridades competitivas, como a qualidade, a flexibilidade e a confiabilidade das entregas. Entretanto, ele mesmo não conseguiu prever a profundidade das mudanças ocorridas na indústria nos últimos anos, ao afirmar como sendo óbvio a incompatibilidade (*trade-off*) entre custo e qualidade de um produto, o que hoje já é algo conceitualmente resolvido.

2.2.3 Qualidade

A definição da qualidade como uma prioridade competitiva da manufatura é relativamente recente. O conceito de qualidade de um produto foi, durante muito tempo, definido exclusivamente sob a ótica interna da indústria, que era produzir em conformidade com os dados pré-estabelecidos num projeto tido como “tecnicamente perfeito”.

Uma rápida visão dessa evolução é oferecida por GARVIN (1987), num estudo que resume um pouco da contribuição de importantes autores da área, como Joseph Juran, Armand Feigenbaum, Edward Deming e Genichi Taguchi. O autor faz uma contribuição interessante para o enquadramento da qualidade como uma Prioridade Competitiva, ao definir e exemplificar oito dimensões que devem compor uma visão atual da qualidade. Essas dimensões são apresentadas sucintamente a seguir:

Desempenho (*Performance*) – É a característica operacional primária de qualquer produto, envolvendo valores quantitativos. Por exemplo: jornais e revistas especializadas apresentam freqüentemente testes comparativos de desempenho de produtos concorrentes, tais

como automóveis e motocicletas.

Características (*Features*) – Refere-se exclusivamente às características que diferenciam um produto qualquer de seus concorrentes, estando intimamente ligada com a dimensão desempenho. Alguns exemplos dessas características já foram mencionadas anteriormente quando discutiu-se sobre vantagem competitiva.

Confiabilidade (*Reliability*) – Reflete a probabilidade de um produto funcionar mal ou quebrar dentro de certo horizonte de tempo. A importância dessa dimensão cresce à medida que crescem os custos de manutenção do produto.

Conformidade (*Conformance*) – Reflete a visão mais tradicional da qualidade, ou seja, reflete o quanto um produto é produzido de acordo com os padrões estabelecidos no projeto.

Durabilidade (*Durability*) – Consiste numa medida do ciclo de vida de um produto, analisada tanto pelo seus aspectos técnicos como econômicos e tem uma forte ligação com a dimensão confiabilidade.

Assistência técnica (*Serviceability*) – Reflete a velocidade, competência e cortesia com que um produto, apresentando alguma anormalidade, é reparado.

Estética (*Aesthetics*) – É uma dimensão bastante subjetiva, refletindo o quanto um produto pode provocar uma reação inicial positiva ou negativa no mercado a que se destina.

Imagem do produto (*Perceived Quality*) – É uma dimensão também bastante subjetiva, refletindo a imagem que o produto tem no mercado, construída através de propaganda, dados históricos de desempenho, etc.

A maioria dos relatos atuais sobre a qualidade como uma prioridade competitiva, embora não apresentem uma visão tão abrangente como GARVIN (1987), associam a mesma principalmente ao grau de satisfação dos clientes para com os produtos adquiridos. Assim sendo, um produto terá uma melhor qualidade, quando melhor atender os desejos do consumidor.

Conjuntamente com essa visão global da qualidade, que extrapola amplamente os limites da indústria, existe hoje praticamente a visão de que a qualidade e custo não são (ou não podem ser) prioridades incompatíveis dentro da mesma. Alguns autores rotulam a década compreendida entre 1975 e 1985 como aquela em que a indústria descobriu que não há nenhuma incompatibilidade entre se produzir um produto com alta qualidade e a um baixo custo (DE MEYER et al, 1989).

De acordo com FORNELL (1992), em seus esforços para aumentar a qualidade de

seus produtos e tornar a sua empresa mais competitiva e orientada para o mercado, a Suécia desenvolveu um indicador nacional da média da satisfação do consumidor denominado Barômetro de Satisfação do Consumidor, índice que mede o nível de satisfação dos consumidores, baseado em informações anuais de aproximadamente 100 empresas líderes em 30 tipos diferentes de indústrias, indicando que:

- empresas que vendem produtos homogêneos a mercados homogêneos, ou empresas que vendem produtos diferenciados a mercados heterogêneos, possuem geralmente elevados índices de satisfação do consumidor;
- consumidores fiéis não são necessariamente consumidores satisfeitos, mas consumidores satisfeitos tendem a tornar consumidores fiéis.

Isso significa que as empresas devem aprender a produzir com qualidade. Porém, qualidade significa mais que um produto sem defeitos, significa satisfazer continuamente as exigências dos clientes, que hoje não acabam na compra do produto ou serviço, mas envolvem toda a organização da empresa.

As empresas que quiserem se manter competitivas no mercado atual deverão aprender a produzir um produto o mais próximo possível daquele desejado pelo cliente. Para tanto, deverão entender primeiro o significado da qualidade, tanto para a empresa como para o seu mercado alvo, depois individualizar, desenvolver os processos e os métodos operacionais para realizá-la.

Para que a qualidade seja um fator de sucesso, a definição de qualidade para a empresa deverá ser igual a definição de qualidade desejada pelo cliente. Caso contrário, a empresa deverá esforçar-se para que o *gap* existente seja reduzido ao mínimo, sob a pena de não alcançar o sucesso desejado.

2.2.4 Desempenho das Entregas

Essa prioridade competitiva contempla as questões referentes à confiabilidade e velocidade nos prazos de entrega dos produtos.

Assim, tanto a confiança do cliente em relação ao prazo de entrega, como a velocidade de entrega do produto passam a ser poderosas armas competitivas, na medida em que se têm, cada vez mais, produtos customizados e produção sob a metodologia *Just-in-time*. A questão da confiança e velocidade da entrega pode, eventualmente, se sobrepor inclusive à do custo e qualidade, dependendo dos objetivos e pressa do cliente, conforme é mostrado

por BUFFA & SARIN (1987).

Embora nem sempre conectada formalmente à prioridade competitiva em discussão, a utilização do tempo como uma fonte competitiva tem sido muito lembrada ultimamente. STALK JR. (1988), num estudo pioneiro sobre o tema, cita o caso de várias empresas de sucesso (a maioria japonesa) que vinham usando o tempo como principal arma competitiva, principalmente para desenvolver novos produtos num tempo bem menor do que no mundo ocidental. BLACKBURN (1990) prevê e procura demonstrar que o tempo deverá ser o elemento principal da competitividade industrial nos próximos anos.

2.2.5 Flexibilidade

A flexibilidade tem sido certamente a prioridade mais estudada nos últimos tempos. Fatores já citados como a diversificação e customização crescente dos produtos, bem como a notória diminuição dos ciclos de vida dos mesmos, têm colocado a flexibilidade como uma prioridade competitiva de destaque nos últimos anos.

Várias têm sido as definições de flexibilidade, feitas por diversos autores. Essas definições estão quase sempre atreladas ao nível da organização ao qual está se referindo. Assim, existem definições que se aplicam desde o caso de uma única máquina, até outras que se aplicam ao nível corporativo. Entretanto, praticamente todas têm um elo em comum, que pode ser sintetizado nas duas definições abaixo:

- Flexibilidade significa uma rápida reação a eventos repentinos e inesperados (BRINKMAN, 1986).
- Flexibilidade é a habilidade de responder de forma efetiva a mudanças circunstanciais (GERWIN, 1987).

Há atualmente também uma classificação bastante generalizada a respeito dos tipos existentes de flexibilidade. Os dois tipos mais relatados são a flexibilidade no mix e no volume de produção, as quais estão definidas assim:

- Flexibilidade no mix: refere-se à capacidade de um sistema produtivo absorver mudanças no mix de produtos, ou seja, refere-se à capacidade desse sistema produzir diferentes produtos simultaneamente.
- Flexibilidade no volume: refere-se à capacidade de um sistema produtivo absorver oscilações no volume de produção.

Outra questão bastante atual sobre a flexibilidade refere-se às propostas de análises

quantitativas da mesma. Uma série de pesquisadores como GUPTA & GOYAL (1989), AGOSTINHO (1992), DE GROOTE (1993), dentre outros, têm-se ocupado com propostas de metodologias para se quantificar os diversos tipos de flexibilidade, sem, porém, surgir ainda um modelo com uma utilização mais generalizada.

Para AGOSTINHO (1992), a flexibilidade é a capacidade de adaptação das atividades de chão-de-fábrica para implementar alterações de quantidades, tamanhos de lotes, itens diferentes e produtos nos tempos adequados. A chamada flexibilidade operacional, é expressa pela capacidade do equipamento de produzir peças diferentes em um certo período de tempo, levando-se em conta tanto as condições tecnológicas, quanto as condições de suportes administrativo da estrutura operacional da instalação industrial. Para AGOSTINHO (1994), “a flexibilidade de uma célula de manufatura é igual a de sua máquina menos flexível” e “a máquina não é flexível e sim o estado operacional que é flexível”.

2.2.6 Inovação Tecnológica

Entende-se como inovatividade ou inovação tecnológica, a capacidade que uma empresa tem de introduzir em suas linhas, novos produtos e/ou processos num certo período de tempo (PIRES, 1995). Pode-se dizer que a inovação tecnológica tem uma correlação maior com duas das prioridades competitivas discutidas: o desempenho das entregas e a flexibilidade.

A ligação com a primeira reside no fato de que qualquer inovação num produto e/ou processo terá seu desempenho medido numa unidade de tempo. Essa importância do tempo no tocante à competitividade já foi levantada anteriormente, mas fica mais clara quando se cita o exemplo ilustrado por STALK JR. (1988), da chamada “guerra H-Y” entre os fabricantes japoneses de motocicletas Honda e Yamaha ocorrida no começo da década de 80. Num período de 18 meses a Yamaha introduziu e/ou remodelou 37 modelos de motocicletas. No mesmo período a Honda fez o mesmo com 113 modelos, consolidando sua posição no mercado como o maior produtor mundial de motocicletas.

Por sua vez, a ligação da inovação tecnológica com a flexibilidade reside no fato fundamental de que só é possível ter inovação se houver flexibilidade, principalmente a flexibilidade no mix de produtos.

superpostas, devido à falta de conhecimento das estratégias da empresa e à falta de uma metodologia que promova integração. É claro que, mesmo assim, ocorrem aumentos de produtividade e flexibilidade localizados, mas o potencial desses sistemas e tecnologias não pode ser utilizado em toda a sua plenitude. Observa-se, então, que uma das maiores dificuldades das empresas em busca de modernização está na falta de orientação e visão de como agir para incorporar novas tendências. As profundas mudanças ocorridas no competitivo ambiente industrial nos últimos anos têm afetado significativamente a tarefa de gerenciar a produção em todo o mundo industrializado e em processo de industrialização.

A cada instante, novos paradigmas são incorporados ao ambiente industrial, e outros, até então tidos como eternos, passam a ser contestados ou viram exemplos do que não se deve mais fazer. O aumento da competitividade tem sido caracterizado pela diminuição dos ciclos de vida dos produtos e pelo aumento na diversificação dos mesmos, impulsionados pelo uso, cada vez mais intenso, do computador no ambiente industrial (PIRES, 1995).

A seguir serão apresentadas algumas das tecnologias de produção disponíveis para serem utilizadas neste final de milênio pela indústria metal-mecânica. No capítulo 4 serão apresentados os principais sistemas gerenciais referentes à gestão da produção e da qualidade disponíveis para esse segmento industrial.

3.1.1 Desenvolvimento Tecnológico

A evolução dos meios de produção manifestou-se sempre através do aumento da sua flexibilidade, conforme mostra a Figura 3.2.

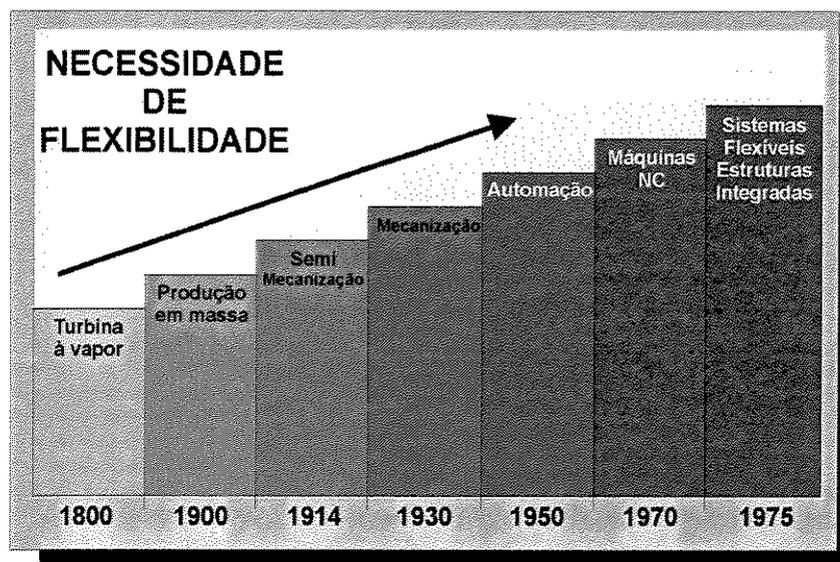


Figura 3.2 – Desenvolvimento da Tecnologia de Produção (AGOSTINHO, 1995)

Há dois marcos importantes com relação ao desenvolvimento tecnológico. O primeiro diz respeito ao desenvolvimento da automação rígida (1950), propiciando o grande crescimento do parque industrial americano pós segunda guerra mundial, tanto na fabricação de bens de consumo, quanto de máquinas-ferramenta e linhas de transferência de grande volume de produção. Este modelo de industrialização caracterizou a “época de ouro” da sociedade americana, o chamado “*American Way of Life*”, que influenciou todo o mundo ocidental.

O segundo marco importante foi o aparecimento nos Estados Unidos da máquina-ferramenta comandada numericamente (NC). Esse conceito de projeto alterava substancialmente o projeto das máquinas-ferramenta, introduzindo a chamada automação flexível (1970), em que as instruções de máquinas-ferramenta poderiam ser alteradas através de programas de instrução (Programa de Controle Numérico), sem necessidade de alteração de componentes da máquina-ferramenta, característica da automação rígida.

De acordo com o grande desenvolvimento e riqueza da sociedade americana da época, isto não foi incorporado à indústria americana em sua maioria, sendo considerado como curiosidade científica para a época. Foi, no entanto, inteiramente utilizado e desenvolvido pelos países da Europa e Japão, que tiveram o seu parque industrial bastante afetado pela Segunda Guerra Mundial. Devido à necessidade de reconstrução do seu parque industrial, puderam desenvolvê-las em bases novas, o que propiciou o aparecimento no início da década de 70, dos primeiros sistemas flexíveis de manufatura.

Devido à necessidade de recriação do parque industrial sem nenhum compromisso com tecnologias anteriores, desenvolveram simultaneamente à automação flexível, tecnologias de produção já conhecidas da literatura, porém não aplicadas em larga escala no Brasil até o momento, tais como:

- **A Tecnologia de Grupo**, com as técnicas de agrupamento e semelhança, permitiram a alteração dos sistemas produtivos com a formação de células de manufatura;
- **As Técnicas Estatísticas e de Controle da Qualidade**, como Controle Estatístico de Processo e todas as tecnologias que se seguiram, tais como Controle de Qualidade Total (*Total Quality Control - TQC*), Análise de Experimentos, etc.;
- **As Práticas de Redução de Inventários em Processo**, e Controle da Produção, tais como as técnicas japonesas de *Kanban* e *Just-In-Time Production*;
- **As Técnicas e Metodologia de Engenharia Simultânea**, conta com a participação

de várias atividades básicas, tais como Manufatura, Suprimentos, Engenharia de Manufatura, no desenvolvimento de novos projetos, a fim de reduzir o seu tempo de implementação e desenvolvimento em paralelo (ou simultâneo) de atividades que antes eram feitas de maneira serial. Essas tecnologias serão tratadas com maior profundidade nos itens posteriores deste trabalho.

O desenvolvimento das máquinas operatrizes, após a segunda grande guerra mundial (1949), por iniciativa da força aérea americana, iniciou-se com a fabricação de máquinas programáveis capazes de usinar contornos (máquinas de controle numérico).

Em 1967, foram implantadas no Brasil as primeiras máquinas a CN, inteiramente importadas dos EUA. Na década de 70 surgiram as primeiras máquinas a Controle Numérico fabricadas no Brasil.

Pode-se relacionar algumas vantagens das máquinas-ferramenta com controle numérico (MFCN):

- elimina-se gabaritos, máscaras, chapelonas, cames, etc.;
- reduz-se o almoxarifado de ferramentas e dispositivos;
- grande repetibilidade com baixo refugo;
- diminuição das fases de fabricação;
- grande precisão na previsão de tempos e custos;
- a grande vantagem dos centros de usinagens a controle numérico é que se utiliza uma só fixação (*setup*), e não gera erros de alocação quando se passa de máquina para máquina;
- permite a variação das condições de usinagem como a rotação para dar velocidade de corte constante.

Ainda na década de 70, os americanos lançavam as primeiras máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), com possibilidade de armazenamento em memória de programas completos e até mesmo diversos programas. A confiabilidade de cada componente eletrônico contribuiu para aumento da confiabilidade do sistema.

Com o emprego de micro-processadores diminuiu-se a quantidade de componentes, o que também colaborou na confiabilidade desses sistemas, facilitando incrivelmente a intervenção da manutenção.

Pode-se relacionar também algumas vantagens das máquinas-ferramenta com controle numérico computadorizados – MFCNC:

- compactação do armário (menor espaço físico);

- programa lido uma só vez, diminuindo problemas de manutenção das unidades de leitura;
- alteração diretamente por teclados;
- descarga de programas (CAD/CAM);
- ciclos fixos para macro-instruções;
- sub-programas, desenvolvidos pelo próprio usuário;
- alarmes e auto-diagnóstico.

A Figura 3.3 mostra o grau de automatização das máquinas operatrizes, em relação à evolução dos sistemas de trocas automática de peças/ferramentas e da microeletrônica.

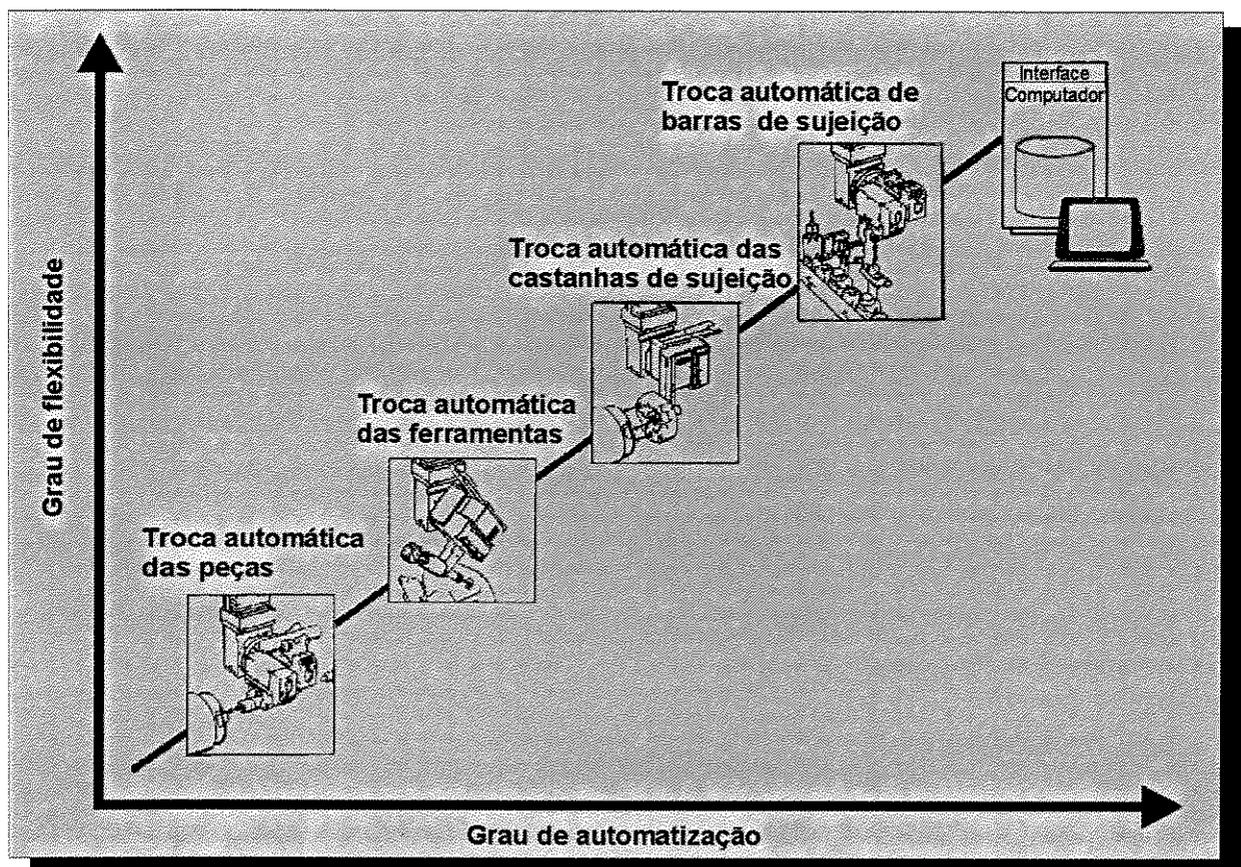


Figura 3.3 – Automação versus Flexibilidade (WERNTZE, 1988)

O cenário da dimensão tecnológica na modernização recente demonstra uma renovação lenta das máquinas operatrizes, conforme pesquisa realizada no setor metal-mecânico por FERRAZ et al (1995) na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Idade do Equipamento principal da Empresa (FERRAZ et al, 1995)

Número de Empresas Respondentes - 661	
Idade (anos)	Empresas (%)
até 5	28,2
entre 6 e 10	22,9
mais de 11	48,9

A situação piora quando se compara os indicadores de desempenho da indústria brasileira com os padrões mundiais (EUA, Europa e Japão), mesmo tendo melhorado muito nos últimos anos, principalmente de 1990 a 1993, conforme mostra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Desempenho da Indústria Brasileira versus Padrão Mundial (AGOSTINHO, 1995)

INDICADORES	BRASIL 1990	BRASIL 1993	MÉDIA(*) MUNDIAL	JAPÃO (**)
“Setup” da fábrica (Tempo, em minutos, decorrido para a mudança de processo, passando a fabricar outro tipo de peça)	80	30-40	10	5
Tempo de valor agregado (% sobre o tempo total de produção)	10	30	> 50	70
Quebra de máquinas (% de tempo parado)	40	21	15-20	5-8
Investimento em pesquisa e desenvolvimento (% sobre o faturamento)	< 1	1-2	3-5	8-12
Melhorias (Kaizen) (% dos operários que apresentam melhorias/ano)	0,1	1-2	50-70	95
Treinamento (% das horas/empregado/ano)	< 1	< 1	5~7	10
Nº de níveis hierárquicos (da diretoria ao operário)	10-12	4-8	7	3

(*) Europa e Estados Unidos

(**) Empresas visitadas pelas Missões do Instituto IMAM

3.2 Tipos Tradicionais de *Layouts*

Tradicionalmente os sistemas de produção intermitente apresentam quatro tipos distintos de arranjos físicos ou *layouts*, os quais relata-se a seguir.

3.2.1 *Layout* Funcional ou por Processo (*Job Shop*)

É o mais antigo e representa a maior parcela dos *layouts* instalados nas indústrias estudadas neste trabalho. Grande parte delas, embora trabalhe com lotes pequenos e médios, utiliza em suas instalações fabris o *layout* do tipo funcional ou por processo, ou seja, o agrupamento, em uma mesma área, de máquinas que executam operações do mesmo tipo (setor de tornos, setor de fresadoras, setor de furadeiras, setor de retíficas, entre outras) conforme ilustra a Figura 3.4.

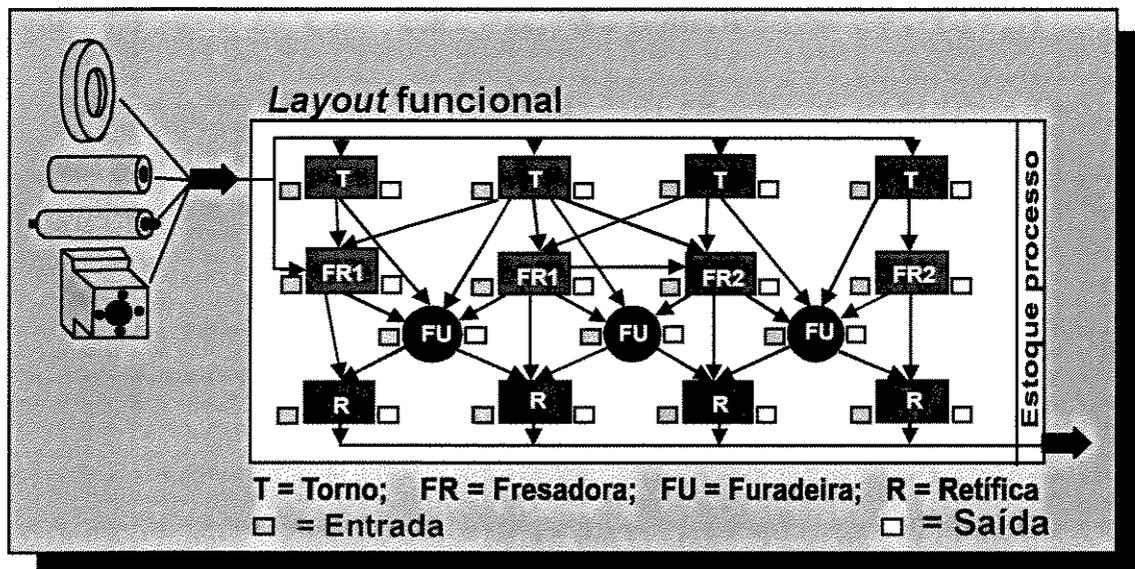


Figura 3.4 – Exemplo de *Layout* Funcional

Este tipo de *layout* ainda é bastante utilizado quer pela facilidade de sua implantação (basta agrupar as máquinas do mesmo tipo sem necessidade de análises mais profundas e detalhadas do fluxo de fabricação), quer pela dificuldade de estudo e implantação de outros tipos de *layout* e talvez também pelo desconhecimento das vantagens e da adequabilidade desses outros tipos.

A este tipo de *layout* são atribuídas algumas vantagens, como seguem (BURBIDGE, 1985):

- grande flexibilidade de produção para acompanhar as mudanças na demanda;
- melhor controle dos processos complexos ou precisos, especialmente os de alto risco e alto custo, no qual se requer muita inspeção;
- maior facilidade para se contornar as paradas de máquinas para manutenção.

Apesar do elevado potencial de flexibilidade e das outras vantagens apresentadas por este tipo de *layout*, as desvantagens da sua aplicação são muito grandes, comprometendo em muito os custos de produção. Dentre outros, destacam-se os seguintes inconvenientes (BURBIDGE, 1985):

- os sistemas de fluxo de materiais são bastante complicados e difíceis de serem controlados eficientemente. Deve-se observar que além das peças existem, em paralelo, ordens de fabricação, desenhos, folhas de processos, ferramental, dispositivos de fixação, inspeções, refugos, etc., que caminham à frente e atrás, intensificando ainda mais o fluxo, reduzindo o potencial de lucratividade;
- os ciclos de fabricação são de longa duração, o que prejudica em muito as necessidades atuais impostas pelo mercado;
- os estoques intermediários, ou em processo, são elevados, congestionando o chão-de-fábrica, comprometendo a eficiência do capital da empresa e entrando em rota de colisão com a filosofia *Just-in-Time*;
- a responsabilidade pela qualidade dos produtos e pela sua conclusão no devido prazo é dividida entre vários grupos de trabalho.

3.2.2 *Layout* em Linha ou por Produto (*Flow Shop*)

Caracteriza-se pela colocação das máquinas, geralmente especializadas, em linha, para a produção de um determinado produto. Nesse caso é o produto quem determina o arranjo físico. Geralmente a movimentação de materiais dentro deles é feita sobre linhas de transferências (“*transfers*”) ou sobre mesa de rolos (“*conveyors*”).

Proporciona pequenos ciclos de produção, baixos custos e sistemas de planejamento e controle da produção simplificados. Como desvantagem principal tem-se a baixa flexibilidade. A Figura 3.5 ilustra esse *Layout* (PIRES, 1989).

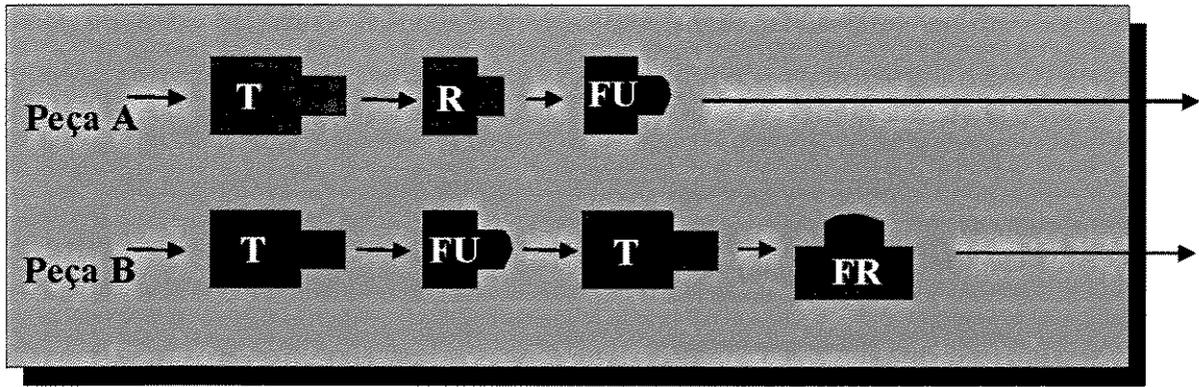


Figura 3.5 – Exemplo de *Layout* por Produto

3.2.3 *Layout* por Posição Fixa

Nesse tipo de *layout* os materiais convergem para um ponto em comum em que são executadas as operações. É o tipo menos encontrado, sendo característico das áreas de montagem de grandes conjuntos e/ou produtos como navios, aviões, etc.. A Figura 3.6 ilustra esse *layout* (PIRES, 1989).

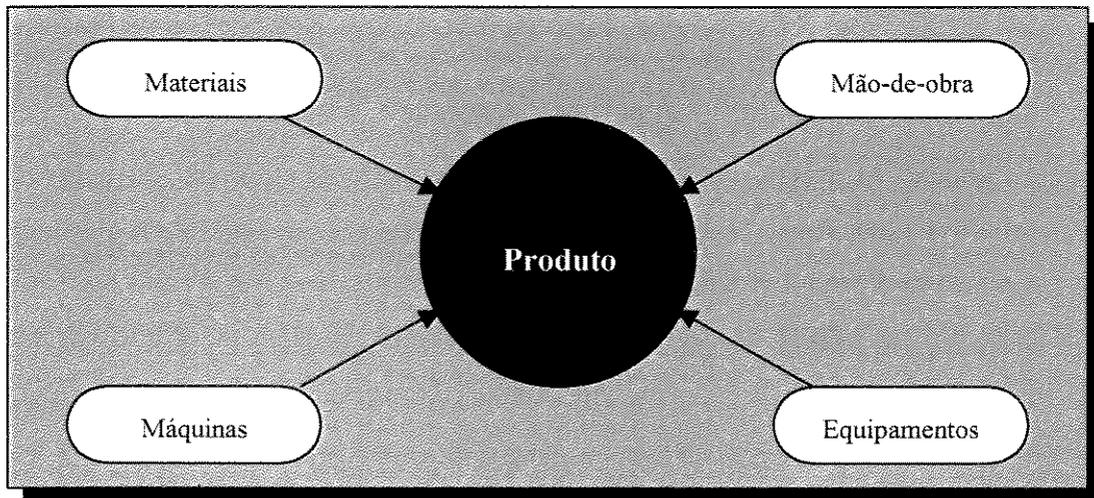


Figura 3.6 – Exemplo de *Layout* por Posição Fixa

3.2.4 *Layout* Celular

Conceitualmente uma célula de fabricação é constituída por um grupo de máquinas adequadamente escolhidas, dimensionadas e arranjadas tal que permitam produzir todos os componentes de uma família de peças em seu interior.

Pode-se afirmar que uma célula de fabricação busca obter a produtividade característica dos arranjos físicos por produto e a flexibilidade característica dos arranjos físicos funcionais. A Figura 3.7 ilustra essa afirmação (Adaptado de PIRES, 1989).

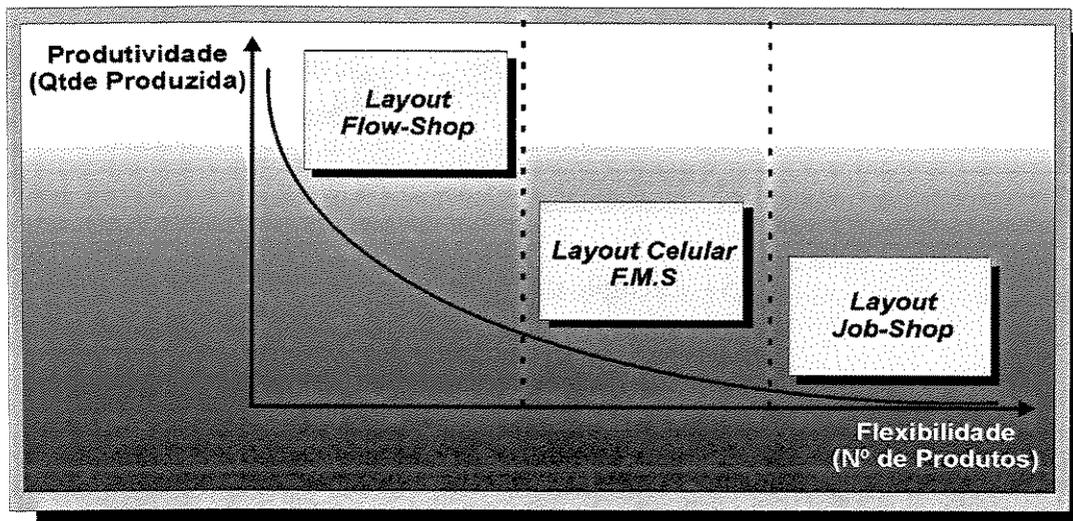


Figura 3.7 – Localização do *Layout Celular*

Várias são as razões que levam uma empresa a optar pela implantação dos arranjos físicos celulares. Dentre elas têm-se:

- minimizar os ciclos de produção;
- minimizar os tempos de preparação de máquinas;
- minimizar os níveis de inventários de matéria-prima, material em processo e produtos acabados;
- maximizar a produtividade industrial.

Não existe um padrão de *layout* celular. Entretanto, pode-se dizer que os arranjos mais utilizados são o em “U” e o “em linha”, conforme Figura 3.8 e Figura 3.9 respectivamente.

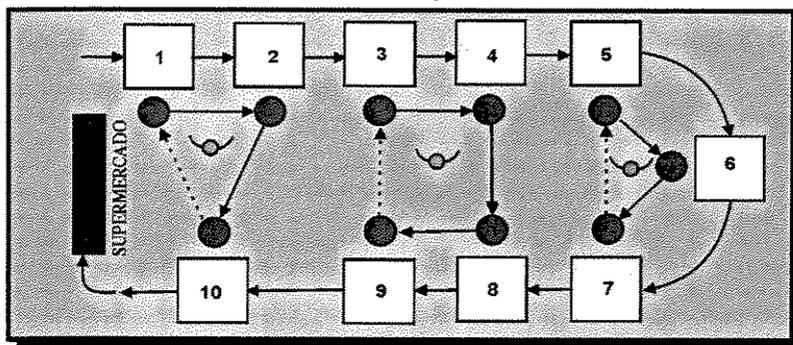


Figura 3.8 – Exemplo de *Layout Celular* em “U”

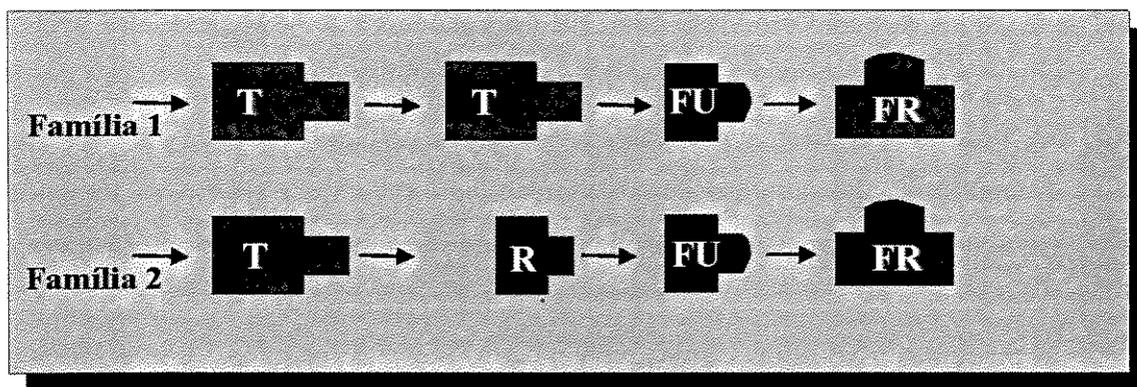


Figura 3.9 – Exemplo de *Layout Celular em Linha*

Outra questão também importante refere-se à utilização de máquinas exclusivas (dedicadas) ou de máquinas compartilhadas nessas células.

Nas Figuras 3.8 e 3.9, ambos arranjos possuem máquinas exclusivamente voltadas para a produção da família (ou famílias) de peças produzida na célula ao qual elas pertencem. O uso de máquinas compartilhadas pode ser entendido através da Figura 3.10, na qual a máquina (FU) é compartilhada pelas células 1 e 2.

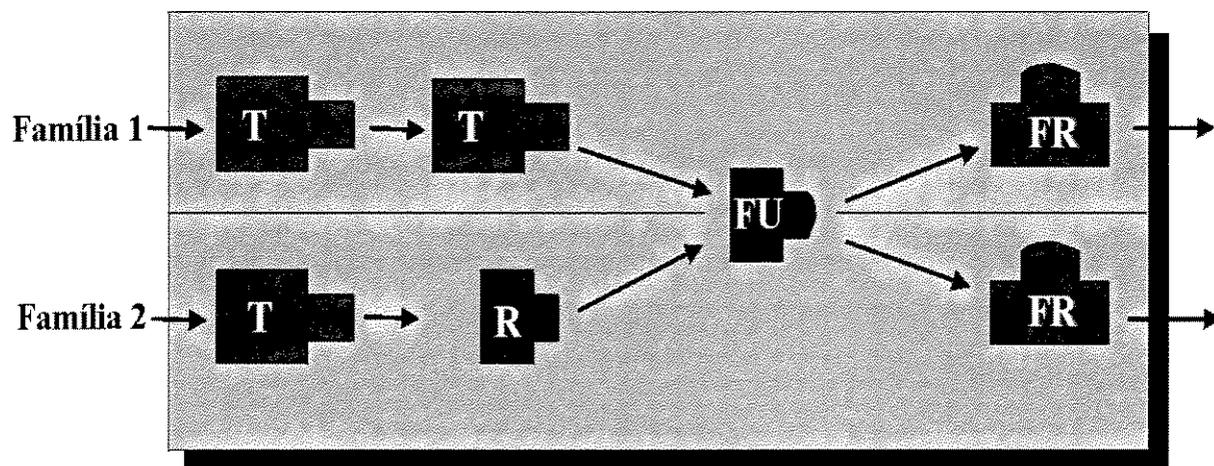


Figura 3.10 – Uso de máquinas compartilhadas (máquina FU)

A utilização de máquinas compartilhadas ocorre, principalmente, para se tentar obter um melhor balanceamento de cargas e/ou aumentar a utilização de determinadas máquinas. Geralmente essas máquinas são especiais e/ou de alto custo de aquisição.

Várias são as vantagens e poucas são as desvantagens atribuídas aos *layouts* celulares em relação aos *layouts* funcionais, que representam a grande maioria dos arranjos físicos

instalados nas indústrias com produção de pequenos e médios lotes. Algumas das principais recomendações que devem ser observadas quando da implantação de células de manufatura (BONETTO, 1985; BURBIDGE, 1975) são:

- é importante considerar, no desenvolvimento do trabalho, as previsões de demanda para cada peça e as necessidades de máquinas, ferramentas e dispositivos para cada célula;
- as máquinas usadas nas células podem ser as mesmas máquinas universais usadas no sistema anterior da fábrica;
- o arranjo dessas máquinas em células resulta em mudar as possibilidades de produção de uma grande variedade para uma variedade moderada de peças restringida pelo projeto das células;
- o arranjo físico da célula é baseado nas peças a serem fabricadas e nas máquinas;
- um arranjo em “U” é preferível para minimizar a relação operários/máquinas;
- para garantir a auto-suficiência da célula, o ferramental necessário para cada célula deve ser estocado no mesmo local que ela. Isto também permite mudanças mais rápidas na célula para atender às mudanças de programação.

É extremamente importante a organização das áreas ao redor das células. Essa organização deve incluir:

- localização da seção de preparação do ferramental;
- estocagem dos dispositivos de fixação;
- organização do fluxo de materiais;
- organização de sistemas de movimentação para ferramentas e materiais;
- melhorar a disponibilidade de materiais, ou seja, administrar eficientemente os fornecedores e seus prazos.

A Tabela 3.3 apresenta um comparativo com as principais características dos quatro tipos de *layouts* apresentados.

Tabela 3.3 – Principais características dos *Layouts* tradicionais (Adaptado de PIRES, 1989)

<i>Layout</i> Característica	Funcional	Por Produto	Posição Fixa	Celular
Tipos de Máquinas	Flexíveis, Universais	Especiais, propósito único	Propósitos gerais	Especiais e Universais
Tempos de preparação de Máquinas	Longos, Variáveis	Longos	Variáveis	Variáveis
Mão-de-obra	Especializada	Pouco Especializada	Especializada	Especializada
Inventários	Grandes e com grande Diversificação	Grandes, para suprir Emergências	Variáveis	Pequenos e com Média Diversificação
Tamanho dos Lotes	Pequenos para Médios	Grandes	Pequenos	Pequenos
Ciclos de fabricação	Longos e Variados	Pequenos e Constantes	Longos e Variados	Pequenos
Prejuízos com quebra de Máquinas	Variáveis	Grandes	Variáveis	Variáveis
Planejamento e controle da produção	Complexos	Simplificados	Variáveis	Simplificados
Produtividade	Baixa	Alta	Variável	Média/Alta
Flexibilidade	Alta	Baixa	Variável	Média

3.3 Tecnologia de Grupo

Apesar das primeiras aplicações dos conceitos da Tecnologia de Grupo (TG) terem ocorrido a quase quatro décadas atrás, um número significativo de pessoas envolvidas com produção ainda não possui uma visão clara dos conceitos básicos e dos modos de aplicação dessa técnica. Por exemplo, a identificação de manufatura celular com TG é bastante comum no meio industrial. Na realidade, um sistema celular de manufatura é apenas uma das muitas facetas da TG.

A TG tem sido definida sob vários enfoques que, entretanto, se complementam. Segundo GONÇALVES FILHO (1990):

- TG é uma técnica que identifica e explora as similaridades de projeto e de processos de fabricação dos componentes produzidos por uma empresa, na qual a idéia principal é o agrupamento de componentes de acordo com as similaridades geométricas e/ou processos de fabricação em famílias que proporcionem a base

necessária à melhoria da produtividade nas áreas de projeto e de manufatura.

Segundo PIRES (1989):

- TG é uma nova filosofia no gerenciamento da produção que visa proporcionar vantagens às empresas que trabalham com pequenos e médios lotes, similares às obtidas nas empresas de produção em massa;
- TG é uma filosofia de manufatura que visa racionalizar os trabalhos em empresas que trabalham com pequenos e médios lotes de produção, através da análise de suas similaridades de projeto; de processos produtivos e da determinação de suas famílias de peças.

Em TG costuma-se utilizar o termo família para designar um grupo de peças, ou componentes, que apresentam alguma similaridade entre si, a qual pode ser na sua forma geométrica e/ou no seu processo de produção. Como exemplo cita-se a família de peças rotacionais conforme mostra a Figura 3.11.

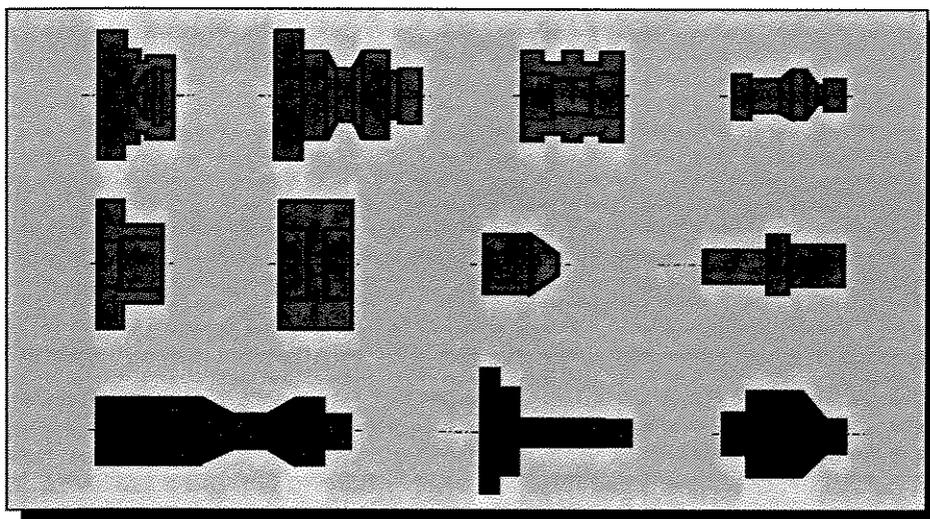


Figura 3.11 – Família de Peças Rotacionais

Apesar de ter seu desenvolvimento formal após a 2ª Guerra Mundial, tem-se evidências de que a TG já existia antes dessa data, principalmente em áreas de ferramentaria e manutenção, sendo considerada como uma “boa prática de engenharia”. O livro “*Scientific Principles of Group Technology*”, surgido em 1959, que é tido como um dos precursores da TG, seria apenas uma formalização de conceitos já utilizados na época em países da Europa Oriental, principalmente na União Soviética. Um conceito importante introduzido nesse livro foi o de “elemento composto”, que é uma peça imaginária apresentando todos os detalhes existentes nas peças que compõe uma família.

Durante a década de 60 os conceitos de TG se difundiram pelo Japão e Europa, principalmente na Alemanha Ocidental e Inglaterra. Nesse período o conceito evoluiu, permitindo que uma família de peças fosse produzida em mais de uma máquina. Esse grupo de máquinas capaz de processar todos os componentes de uma família passou a ser denominado célula de fabricação. Alguns problemas que impediram a aplicação maciça da TG, até há pouco tempo, nos países industrialmente desenvolvidos (e que ainda persistem no Brasil) incluem (GROOVER, 1987):

- a identificação de famílias de peças entre os muitos componentes produzidos;
- os custos de classificação e codificação;
- o rearranjo das máquinas em células;
- a resistência a mudanças.

O sistema de classificação e codificação pode ser definido como a divisão de um conjunto de componentes em famílias ou classes, de acordo com suas similaridades e a designação de símbolos ou caracteres a esses componentes de tal maneira que os símbolos transmitam informações abrangentes, flexíveis, adaptáveis ao uso do computador; permitindo a implantação de sistemas integrados de manufatura aplicável em todos os níveis da empresa.

Quanto ao campo de aplicação da TG, pode ser visto sob dois aspectos, um macroscópico, identificando o tipo de indústria que mais se adapta à aplicação dos conceitos da TG, e um microscópico, realçando os departamentos da indústria em que sua implantação proporciona maiores benefícios.

Preferencialmente se restringe às indústrias que produzem uma variedade de produtos fabricados em lotes pequenos e médios. Como exemplo têm-se os setores metal-mecânico, móveis, fundição, calçados, eletro-eletrônicos, entre outros (GONÇALVES FILHO, 1990).

• TG aplicada ao projeto do produto

Antes da aplicação da TG no projeto das peças é muito importante a simplificação do próprio projeto, pois a revisão, e até mesmo a modificação do projeto, implica em facilidades no processo de fabricação, na montagem (*setup*) das mesmas, como exemplo o mandril de arraste na Figura 3.12. Antes da modificação a porca de fixação tinha 19 voltas e após a modificação do projeto passou a ter $\frac{3}{4}$ de voltas, ou seja, menos de 1 volta, diminuindo significativamente o tempo de *setup*.

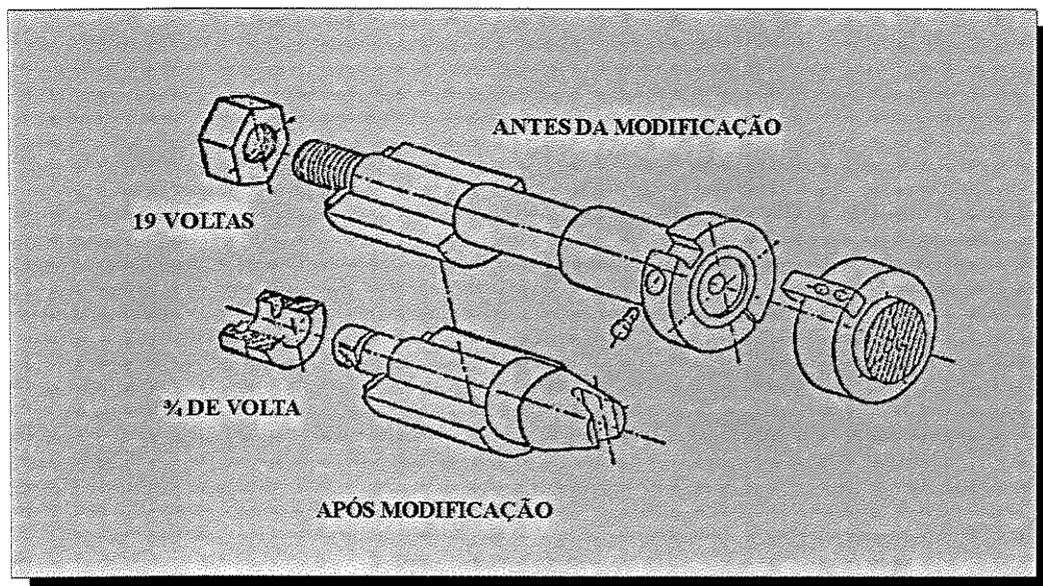


Figura 3.12 – Mandril de Arraste - (Cortesia da TRW do Brasil S/A)

O maior problema no setor de projeto do produto costuma ser a proliferação incontrolável de componentes semelhantes e da dificuldade de padronização. O método mais adequado para minimizar e/ou melhorar esse problema é o agrupamento de peças em famílias usando um sistema de classificação e codificação (SCC). Pode-se optar por um sistema projetado sob medida para a firma ou por sistemas de domínio público, tais como, o sistema KK-1 (japonês) e o sistema de OPITZ (alemão).

A aplicação de um sistema de codificação baseado em TG, aliado à implantação de um sistema de projeto auxiliado por computador (CAD – *Computer Aided Design*) pode passar a ser uma poderosa ferramenta para que esse problema seja minimizado e se obtenha uma padronização dos projetos.

- **TG aplicada ao planejamento do processo de fabricação**

Nesta área, muitas decisões subjetivas devem ser tomadas pelo processista quando da elaboração do processo de fabricação de uma peça. Como consequência, o plano de fabricação gerado para a peça reflete o grau de conhecimento do processista sobre as facilidades de produção de fábrica.

É muito comum ter-se processos de fabricação completamente diferentes para peças semelhantes. Esta dificuldade de padronização e otimização de processos de fabricação tem motivado a indústria e os institutos de pesquisa a desenvolverem sistemas computacionais para planejamento do processo (CAPP – *Computer Aided Process Planning*). Essa

sistemática evita duplicidade de processos e aumenta a produtividade do processista. O processista deve auxiliar com a padronização de ferramentas e dispositivos utilizados por máquinas, principalmente as convencionais. Como ele tem o conhecimento da capacidade fabril, deve estudar todas as alternativas de usinagem em uma máquina e elaborar o fluxo otimizado de dispositivos, ferramentas e classificação das famílias de peças, as quais poderão ser usinadas nas referidas máquinas.

- **TG aplicada à produção**

Segundo GONÇALVES FILHO (1990), uma grande parte dos produtos industrializados (em torno de 75%) são produzidos em lotes pequenos e médios ou mesmo unitários. Devido ao baixo volume e a grande variedade de componentes, as indústrias são obrigadas a utilizarem um sistema de produção baseado em *layout* funcional ou convencional (item 3.2.1 – Figura 3.4) para obter máxima flexibilidade. Assim, é comum nas indústrias mecânicas encontrar-se todos os tornos juntos, formando uma seção de torneamento; as fresadoras, formando uma seção de fresamento e assim por diante. Uma peça, quando produzida dentro desse *layout*, deverá percorrer as diversas seções a fim de sofrer as operações necessárias à sua produção. Como consequência têm-se tempos de produção muito longos e ainda um alto volume de peças em processamento, isto é, um inventário em processo excessivo, uma vez que para manter o homem e a máquina trabalhando é necessário manter estoques de matéria-prima ou de peças semi-processadas ao lado de cada máquina. Nesse caso, é comum deparar-se com caixas de peças aguardando processamento junto de cada máquina.

Um estudo realizado nos EUA e Alemanha, em indústrias mecânicas que utilizam o *layout* funcional, mostrou que do tempo total de produção de um componente (entendendo-se por tempo total de produção o tempo gasto desde a emissão da ordem de fabricação até a entrega do componente pronto no almoxarifado) cerca de 95% era gasto com movimentação e esperas nas máquinas. Somente 5% do tempo era realmente dispendido na máquina. Ainda, esse estudo mostrou que dos 5%, somente 30% deste tempo, ou seja, 1,5% do tempo total de produção, eram gastos com o corte de material propriamente dito, sendo os restantes 70% gastos com posicionamento, carga e descarga, medições, etc., como mostra a Figura 3.13 (GONÇALVES FILHO, 1990):

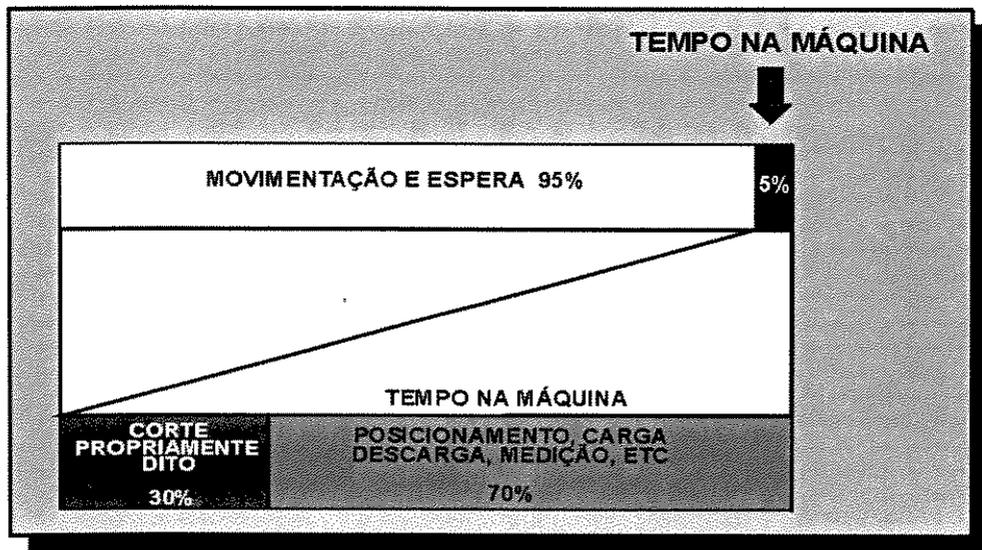


Figura 3.13 – Composição dos Tempos de Fabricação (GONÇALVES FILHO, 1990)

Devido à baixa produtividade desse sistema de manufatura e ao crescente aumento da competitividade, tanto no mercado interno quanto no mercado externo, as indústrias foram pressionadas a pesquisar sistemas de produção mais eficientes, ou seja, um sistema de manufatura que seja ao mesmo tempo produtivo e flexível.

O sistema de manufatura, capaz de harmonizar os requisitos de produtividade e flexibilidade é o sistema de manufatura celular, baseada nos conceitos da TG. Por exemplo, se tomar-se o *layout* funcional/convencional apresentado no item 3.2.1 – Figura 3.4 – e simular um lote de peças conforme a Tabela 3.4 abaixo:

Tabela 3.4 – Relação peça/máquina no *Layout* Funcional/Convencional

Nº peça	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Máquina																				
T	x	x		x	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x
FR1	x	x	x		x	x	x		x		x		x	x						x
FR2			x	x				x		x		x	x		x		x	x	x	
FU	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x		x
R	x	x	x	x		x			x			x	x		x			x		x

Aplicando-se os conceitos de TG, ou seja, fazendo-se o agrupamento das máquinas de acordo com as famílias de peças similares, obtém-se as seguintes configurações, conforme a Tabela 3.5 e Figura 3.14 a seguir:

Tabela 3.5 – Relação peça/máquina após o agrupamento baseado na TG

Máquina \ Nº peça	Máquina																			
	1	2	20	7	11	14	9	5	4	18	12	8	17	15	19	3	13	6	16	10
T	x	x	x	x	x	x	x	x												
FR1	x	x	x	x	x	x	x	x												
FU	x	x	x	x	x	x														
R	x	x	x				x													
T									x	x	x	x	x	x	x					
FR2									x	x	x	x	x	x	x					
FU									x	x	x	x	x							
R									x	x	x			x						
FR1																x	x	x	x	
FR2																x	x	x		x
FU																x	x	x	x	x
R																x	x	x		

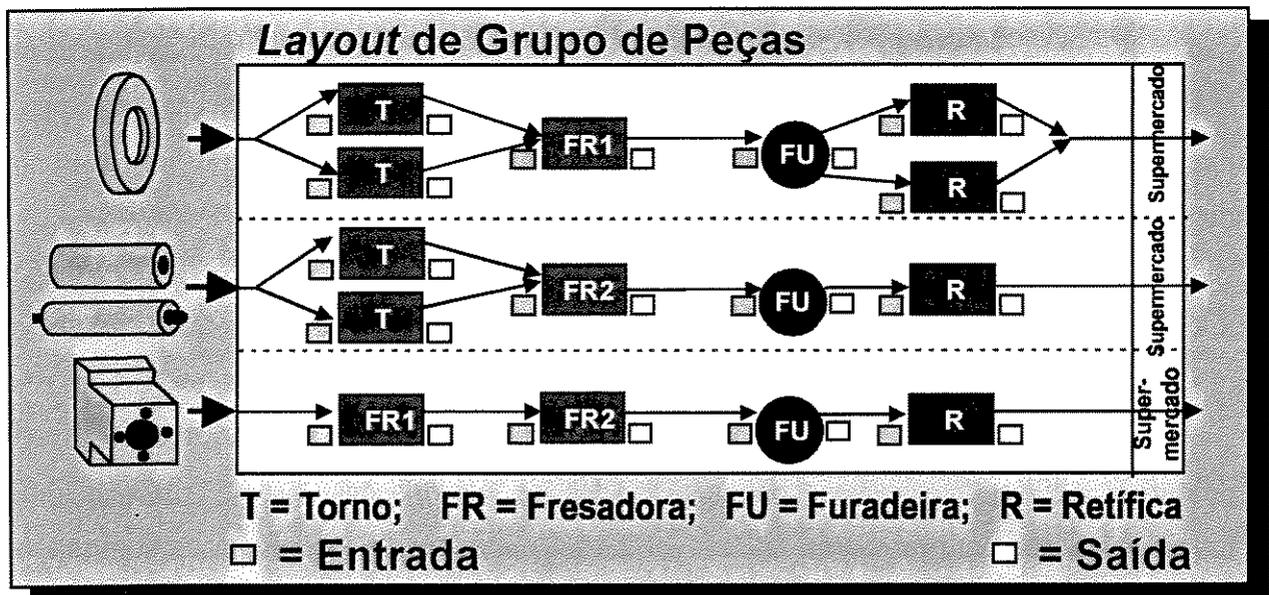


Figura 3.14 – Layout Celular por Tecnologia de Grupo

A Figura 3.15 sumariza as ações e os resultados obtidos de uma implantação efetiva da TG nos três setores mais importantes de um sistema produtivo.

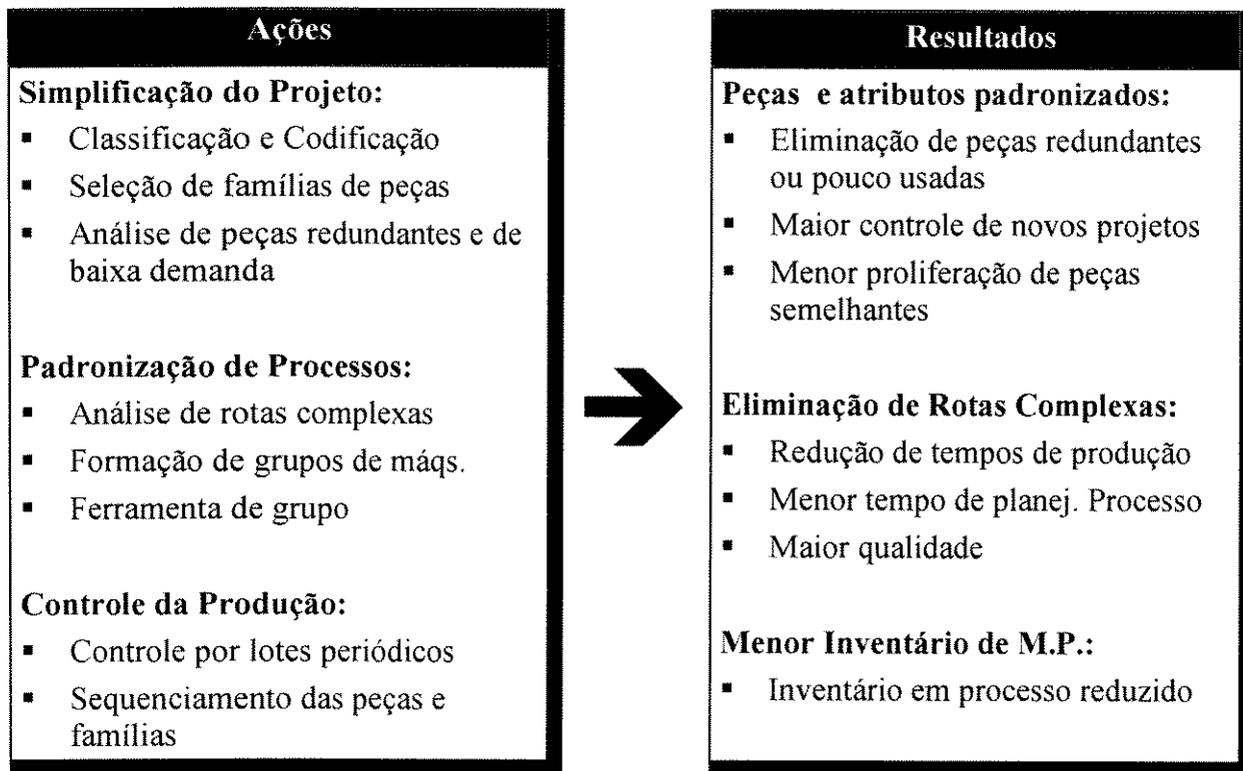


Figura 3.15 – Ações e Resultados da TG nos 3 setores (GONÇALVES FILHO, 1994)

A implantação da TG proporciona um efetivo aumento de produtividade nas indústrias envolvidas com a fabricação de pequenos lotes e grande diversificação de peças. É um estágio importante para a passagem de uma estrutura convencional para uma estrutura mais flexível.

3.4 Manufatura Integrada por Computador–CIM (*Computer Integrated Manufacturing*)

O conceito de CIM pressupõe a integração de todas as atividades de um ciclo produtivo através de sistemas computadorizados de informações. Esses sistemas estão baseados no que autores como GERSTEIN (1987) rotulam de tecnologia da informação, envolvendo meios para se reunir, armazenar, transmitir, processar, recuperar e compartilhar dados utilizados durante a manufatura de um produto.

Geralmente, os estudos que procuram abordar a tecnologia CIM sob um enfoque conceitual estipulam seus objetivos de acordo com os objetivos da manufatura. Isso pode ser percebido quando autores como GOLDHAR et al (1991) definem a tecnologia CIM como sendo aquela capaz de levar a manufatura a assumir características atualmente encontradas apenas nas áreas de serviço.

Algumas das transformações proporcionadas pela tecnologia CIM têm profundas implicações no gerenciamento da produção. Para GOLDHAR & LEI (1990), o maior impacto dessa tecnologia se dá na eliminação (ou minimização) da incompatibilidade (*trade-off*) entre baixo custo e variabilidade no mix de produtos. Já AYRES (1992) vislumbra mais dificuldades para países como o Brasil, visto que a tecnologia CIM diminui a importância da mão-de-obra direta barata como um fator de vantagem competitiva.

O coração do CIM é a integração do projeto, produção, distribuição e funções financeiras dentro de um sistema coerente suportado por uma rede de sistemas computacionais, formada basicamente por computadores, banco de dados e controladores programáveis.

Segundo AGUIAR (1994), um sistema CIM pode coordenar as atividades de manufatura e manter um registro acurado dos dados, envolvendo o uso de uma série de tecnologias que produzem ferramentas de auxílio às atividades do sistema de manufatura.

Uma das maneiras de integrar uma empresa é a utilização de um sistema informatizado que contenha um banco de dados que importe e exporte informações de forma padronizada em relação a qualquer sistema existente nos setores da empresa. É muito importante também adaptar os trabalhadores às mudanças que são criadas em decorrência da implementação de um novo sistema. Segundo KERRY (1994), para se produzir de maneira ágil, com grande flexibilidade, baixo custo e alta qualidade, todos os participantes envolvidos devem ter acesso a toda informação de que necessitem, simples e imediatamente.

Um problema a se destacar é a atualização da informação, que em muitos casos, é inviável por meio de circulação de documentos impressos. Para assegurar a qualidade nas tomadas de decisões é necessário dispor os dados seguros sobre o processo, em tempo real, destacando o benefício imediato em termos de uma melhor compreensão do processo produtivo e uma participação mais criativa do usuário (DURAN & BATOCCHIO, 1997).

A “fábrica sem papel”, está emergindo como resultado final da tendência de computadorização da indústria. Os significativos progressos na tecnologia dos microcomputadores mudaram para sempre a maneira como as peças são fabricadas (EGREJA, 1994).

Para a maioria das empresas brasileiras, o tema CIM é uma novidade. Das empresas que já partiram nessa direção, boa parte é multinacional. Isto coloca a questão dos modelos incompletos, como por exemplo, empresas em que a pesquisa e desenvolvimento e o projeto do produto são realizados em outros países. Nestes casos, o subsistema CAD é pouco

importante.

Para atingir os níveis de produtividade necessários e assegurar sua competitividade, muitas empresas estão reestruturando seus processos produtivos e adotando uma organização baseada em unidades ou células de manufatura. Elas se caracterizam por sua autonomia e flexibilidade, isto é, cada célula deve ser capaz de realizar suas atividades com o máximo de independência, tendo flexibilidade para acomodar diferentes programas de produção, conforme Figura 3.16 abaixo:

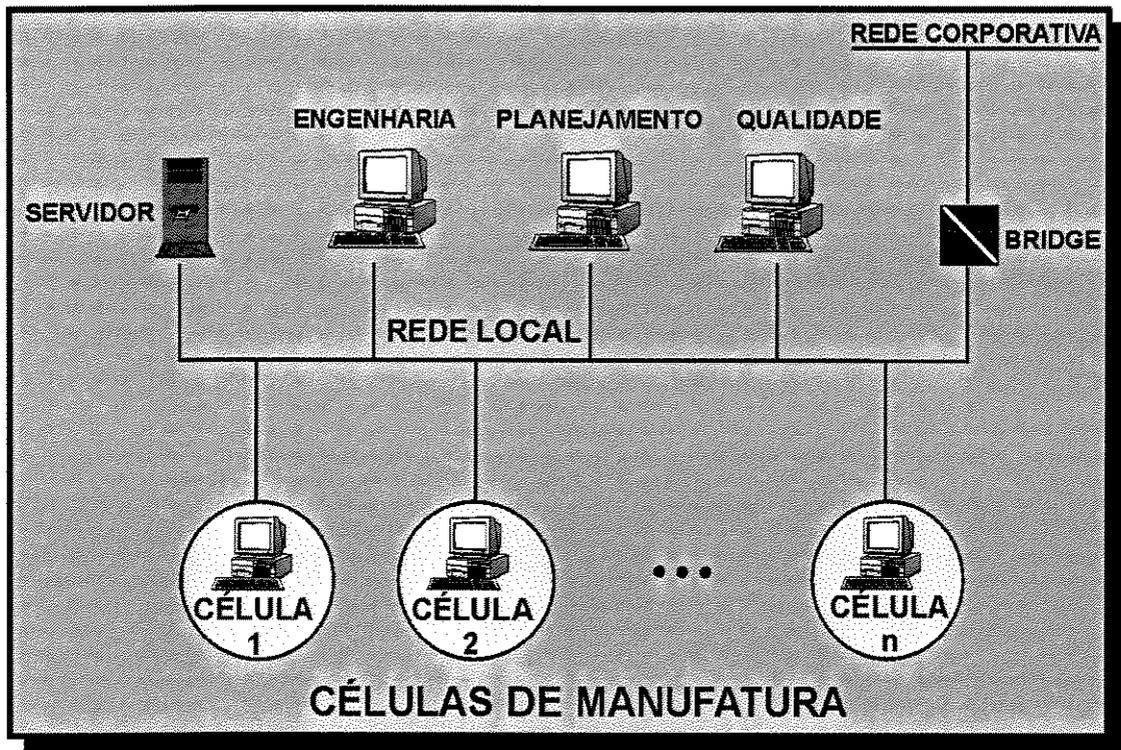


Figura 3.16 – Arquitetura do Sistema CIM (EGREJA, 1994)

Um aspecto importante para a implantação de uma célula é dotar as pessoas responsáveis por ela de todos os recursos necessários para atender a seus objetivos. Esses recursos podem ser classificados em três grandes conjuntos:

a) Comando e controle dos processos

Os operadores devem ter os recursos necessários para comandar as máquinas e os equipamentos da célula de forma segura e eficiente. Interfaces de operação baseadas em microcomputadores, softwares de supervisão e controle são muito úteis sob este aspecto. Além disso, os controles das máquinas e dos processos devem ser programáveis, de modo a assegurar a flexibilidade necessária, permitindo a rápida mudança do tipo de produto e do plano de produção. Máquinas equipadas com controle numérico, controladores programáveis

e robôs ajudam a assegurar essa flexibilidade.

b) Fluxo de Materiais

Como o objetivo dos sistemas é aumentar a produtividade e reduzir os custos, o fluxo de material na célula e entre células é fundamental para evitar perdas de produção devido à falta de material, e para reduzir os custos associados a estoques internos.

Sistemas computadorizados de programação da produção com recursos de simulação, são ferramentas de grande valia no gerenciamento do fluxo de material nas indústrias.

c) Informação

Todo o esforço e o investimento aplicados em preparação das células, modernização dos equipamentos, aquisição de softwares e outros, podem ser inúteis se o operário no chão-de-fábrica não tiver acesso, de forma rápida, segura e inteligível, às informações necessárias à execução de suas atividades. Desenhos, especificações, planos de trabalhos, folhas de processo, programa de CNC e muitas outras informações devem estar disponíveis no local e no momento adequados.

Tornar essa informação acessível de forma eletrônica é mais eficiente e seguro do que manter centenas de documentos impressos circulando pela fábrica. Além disso, a informação sobre o que está efetivamente ocorrendo no chão-de-fábrica deve estar disponível para que os demais níveis organizacionais da empresa possam gerenciar e planejar a produção de forma mais eficiente.

Nenhuma estratégia CIM será bem sucedida se esses três aspectos não forem atendidos. No entanto, se cada um deles for devidamente equacionado, os resultados obtidos serão altamente compensadores (EGREJA, 1994).

A seguir descreve-se sucintamente as várias áreas auxiliadas por computador como o CAD/CAE/CAM.

3.4.1 CAD/CAE – Projeto Auxiliado por Computador/Engenharia Auxiliada por Computador (*Computer Aided Design/Computer Aided Engineering*)

Os sistemas CAD são utilizados na produção de desenhos, lista de materiais e outros conjuntos de instruções para as atividades subsequentes de produção (ex.: base de dados gráfica de peças, desenho, simulação gráfica interativa, armazenamento e acesso a documentos, edição de documentos técnicos, etc.).

Os sistemas CAE envolvem transações com informações de programas de aplicação

usados no desenvolvimento e avaliação de especificações funcionais de produtos, peças e processos (ex.: avaliação, análise estrutural, estimativa de custo, dimensionamento, teste).

Segundo GROOVER & ZIMMERS JR. (1984), BESANT (1986) e CASTELLTORT (1988), há diversas razões fundamentais para se implementar um sistema CAD/CAE:

- **Aumento da produtividade do projetista**

A produtividade é alcançada porque o sistema auxilia o projetista a visualizar o produto, os componentes de submontagens e as peças; reduz o tempo necessário na sintetização, análise e documentação do projeto. Essa produtividade se mostra não somente em termos de custos mais baixos do projeto como também em tempos mais curtos na complementação do mesmo.

- **Melhora da qualidade do projeto**

O sistema CAD permite ao usuário uma análise mais completa do projeto e também um grande número de projetos e desenhos alternativos podem ser investigados. Erros de desenhos podem ser reduzidos por consequência da precisão permitida pelo sistema. Esses fatores levam a um projeto de melhor qualidade.

- **Melhora da comunicação**

O uso do sistema CAD propicia melhores desenhos de engenharia, maior padronização, melhor documentação, menor erro e uma maior legibilidade.

- **Cria as informações básicas para a manufatura do produto**

No processo de criação da documentação do projeto do produto (geometria e dimensões do produto e seus componentes, especificações do material para a fabricação dos componentes e peças, lista de materiais, etc.) as informações básicas para a manufatura do produto é então criada.

3.4.2 - CAM (Automação / NC / CNC / DNC / AGV's / Robótica / CAPP / FMS)

O termo CAM – Manufatura Auxiliada por Computador (*Computer Aided Manufacturing*) – envolve as atividades de planejamento de processos e operação, além da geração, transmissão e controle da execução de programas de CN, CNC aplicados a máquinas-ferramenta e robôs, sistema de manipulação de material, inspeção e teste. O CAM, por definição, engloba uma série de atividades, de certa forma independentes, que possuem suas próprias tecnologias associadas. A seguir, descreve-se algumas dessas tecnologias consideradas importantes sob a perspectiva deste trabalho.

- **Automação da Manufatura**

O termo automação é utilizado para referir-se à tecnologia relativa à aplicação de sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, elétricos, eletrônicos e sistemas computadorizados para operar e controlar a produção, incluindo geralmente (GROOVER, 1987):

- máquinas e sistemas automáticos de usinagem;
- máquinas e sistemas automáticos de montagem;
- robôs industriais;
- sistemas automáticos de movimentação e estocagem;
- sistemas automáticos de inspeção;
- sistemas de controle de processos por computador;
- sistemas de controle de informações por computador;
- sistemas computadorizados para planejamento, coleta de dados, e tomada de decisões para dar suporte as atividade de manufatura.

A automação visa a otimização do processo produtivo para a obtenção de um melhor aproveitamento das máquinas, atacando os fatores que comprometem a linha de produção, tentando obter da mesma maior rendimento e produtividade. Exemplificando, os gabaritos que equipam os tornos copiadores, substituem a decisão (mental) do homem de recuar as ferramentas de corte durante uma operação de torneamento.

Sabe-se que atividades econômicas podem ser classificadas em 3 grandes grupos, que são: a agropecuária, a indústria e o comércio/serviços.

Por sua vez, a indústria pode ser dividida em extrativas minerais e vegetais, transformação e serviços industriais (de utilidade pública tais como: eletricidade, comunicações, transporte).

A indústria de transformação, que é o foco central deste trabalho, apresenta duas divisões básicas:

- **Indústria de Processamento**, são aquelas que se caracterizam fundamentalmente pelo processamento de matérias primas e/ou insumos intermediários. Exemplos desta indústria são: siderúrgicas, metalúrgica, cimento, vidro, papel e celulose, química, farmacêutica, açúcar e álcool, mineração, etc.
- **Indústria de Manufatura**, caracterizam-se pelo processamento de insumos intermediários visando a obtenção de produtos acabados. São tipicamente identificadas com a produção de itens discretos: automóveis, computadores,

máquinas; e os componentes que fazem parte desses produtos. Exemplos dessa indústria são: mecânica, automobilística, aeronáutica, naval, eletroeletrônica, têxtil, etc.

Segundo GROOVER (1987), em função dessa classificação o conjunto global dos sistemas de automação industrial pode ser dividida em dois grandes grupos: controle de processos e automação da manufatura conforme ilustra a Figura 3.17.

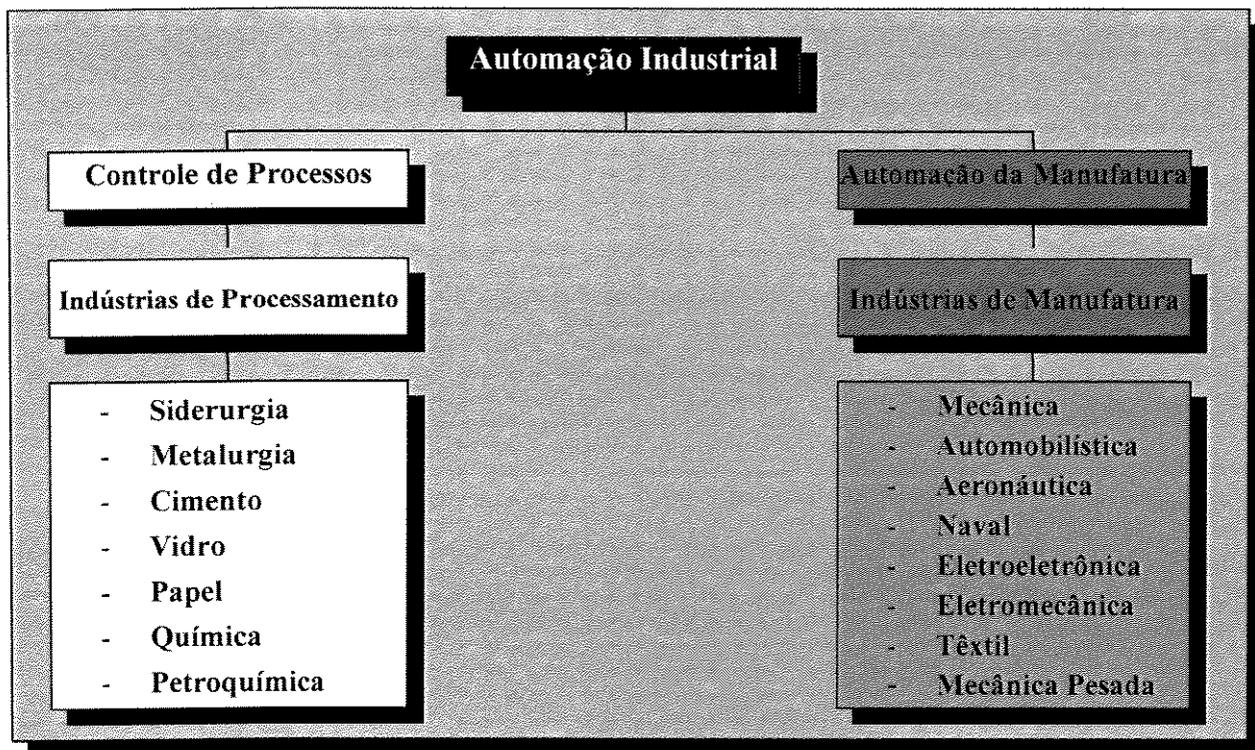


Figura 3.17 - Esquema ilustrativo dos grupos tecnológicos da automação industrial (GROOVER, 1987)

- **O Controle de Processos** refere-se à tecnologia que trata de sistemas centralizados (aplicação básica de minicomputadores) ou sistemas distribuídos (aplicação básica de microcomputadores) destinados ao controle operacional de indústrias de processo.
- **A Automação da Manufatura**, refere-se a tecnologias que tratam de sistemas do controle destinados à automação operacional de indústrias manufatureiras. Esse grupo de tecnologia pode ser subdividido em três subgrupos: automação rígida, automação programável e automação flexível, conforme relata-se a seguir:

A **automação rígida**, refere-se aos sistemas nos quais a seqüência do processo com montagem é fixado pela configuração dos equipamentos. A seqüência de operações são

geralmente simples. A integração e a coordenação de muitas operações para uma peça torna o sistema complexo. As características típicas de automação rígida são:

- alto investimento inicial em equipamentos;
- altas taxas de produção;
- relativa inflexibilidade em absorver mudanças de produção.

A justificativa econômica para a automação rígida é encontrada em produtos com altas taxas de demanda. O alto investimento inicial pode ser dividido por um grande número de unidades, tornando o custo por unidade atrativo. Como exemplo desse tipo de automação, pode-se citar a mecanização da linha de montagem e linha de transferência (*Transfer*) (GROOVER, 1987).

Na **automação programável** o equipamento de produção é projetado com a capacidade de mudar a seqüência de operações para se adaptar às diferentes configurações de produção. A seqüência de operações é controlada por um programa que é uma seqüência de instruções codificadas que o sistema pode ler e, interpretá-las.

Novos programas podem ser preparados e introduzidos no equipamento para a produção de novos produtos. Algumas características da automação programável são:

- Alto investimento em equipamentos de uso geral (não específico);
- Baixa produção, quando comparado com a automação rígida;
- Flexibilidade para absorver mudanças na configuração da produção;
- Muito adequado para produção em lotes.

A automação programável é usualmente utilizada em baixo e médio volume de produção. Os componentes ou produtos são tipicamente feitos em lotes. Para produzir cada novo lote de diferente produto, o sistema precisa ser reprogramado com a introdução das instruções de máquina que corresponde a um novo produto. A preparação (*setup*) da máquina também precisa ser feita, as ferramentas precisam ser carregadas, os dispositivos precisam ser fixados e a programação da máquina precisa ser introduzida. Este procedimento de mudança leva tempo. Conseqüentemente, um ciclo típico inclui um período no qual a preparação e a reprogramação são feitas seguida pelo período de produção do lote. Exemplos de automação programável incluem máquinas-ferramenta a comando numérico e robôs industriais (GROOVER, 1987).

A **automação flexível** é uma extensão da automação programável. Seus conceitos foram desenvolvidos somente há 15 ou 20 anos e os princípios estão ainda se desenvolvendo. O sistema de automação flexível deve ter a capacidade de produzir uma variedade de produtos

(ou elementos) com a vantagem de não perder tempo nas trocas de um produto para outro. Não há tempo perdido de produção enquanto ocorre a reprogramação do sistema e alteração da preparação física da máquina. Conseqüentemente, o sistema pode produzir várias combinações e seqüências de produtos, em vez de exigir que eles sejam feitos em lotes separados. As características de automação flexível podem ser resumidas a seguir:

- alto investimento;
- produção contínua para uma variedade de tipos de produtos;
- produção média;
- flexibilidade para absorver variações de projetos do produto.

As características principais de diferenciação da Automação Programável e a Automação Flexível são:

- a capacidade de mudança de programação sem perda de tempo de produção;
- a capacidade de trocar a preparação física da máquina sem perda de tempo (GROOVER, 1987).

- **NC – Controle Numérico (*Numerical Control*)**

A idéia de NC surgiu com a necessidade de peças de grandes aviões, logo após a segunda guerra mundial. Em 1949 a Força Aérea dos E.U.A. firmou contrato com a empresa J.Parsons para fabricar máquinas programáveis capazes de usinar contornos.

Em 1952, já com a participação do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) foi construído um protótipo de fresadora programável com 3 eixos. Essa máquina era dotada de leitora de fita de papel perfurada, unidade de processamento de dados e servo mecanismos dos eixos.

Em 1956, logo após o aparecimento da linguagem científica FORTRAN (FORmula TRANslation) foi desenvolvido no MIT a 1ª. linguagem automática para controle numérico que constituiu o conhecido APT (*Automatically Programmed Tools*), que possibilita a edição de programas para controle numérico com o emprego de computadores de grande porte. No início da década de 60, a empresa Bendix desenvolveu o controle adaptativo, no qual o controle não restringe apenas as dimensões, mas também a potência, força, etc. Em 1967, foram implantadas no Brasil as primeiras máquinas a CN, inteiramente importadas dos E.U.A. (MACHADO, 1990).

O NC consiste basicamente num novo método de organização de informações requeridas para o processo e também uma nova forma de introduzir essas informações no

processo de usinagem dos metais.

A denominação “controle numérico” dá, a primeira vista, idéia de um outro sistema de controle, como os controles hidráulicos, pneumáticos ou elétricos. Porém, o controle numérico não abrange apenas o controle dos movimentos da máquina, mas também, e principalmente, um novo conceito de organização e produção. O controle expande-se então largamente para fora da máquina-ferramenta, por toda a estrutura organizacional da empresa, tanto nos meios de informações diretos (desenhos, processos, programas) como indiretos (controle de qualidade) e no planejamento da produção (carga de máquina, investimentos), etc.

O termo “controle numérico” trata das informações dimensionais de uma peça tal que elas sejam então “entendidas” e, processadas por máquinas CN, possibilitando o trabalho automático (MACHADO, 1990).

Potencialmente, essa concepção traz as seguintes vantagens:

- são eliminados os dispositivos de traçar e furar, gabaritos, modelos, chapelonas, cames e máscaras;
- reduz-se o almoxarifado de ferramentas;
- programas numéricos podem ser substituídos muito mais rapidamente que os elementos mecânicos de controle, permitindo uma sensível redução nos tempos de preparação e secundários possibilitando a fabricação econômica de pequenos lotes;
- com isso podem ser reduzidos ou até mesmo eliminados almoxarifados de peças de reposição de baixa procura, principalmente as que não estão em produção normal;
- com a eliminação de erros de ajustagem de tempos passivos, e do cansaço do operador, aumenta o índice de utilização da máquina;
- dependendo do tipo de serviço o operador pode atender mais de uma máquina;
- como as máquinas de NC têm grande repetibilidade o tempo de inspeção e o refugo diminuem;
- diminuição das fases de fabricação. Como máquinas a NC carregam em si características de várias máquinas específicas, podem com a mesma fixação, executar maior número de operações;
- grande precisão na previsão de tempos e custos;
- operadores não qualificados. A participação do operador é mínima, não requerendo então mão-de-obra especializada para tanto;
- melhor desempenho para peças de usinagem complexa, com tolerâncias rigorosas

e vários tipos de usinagem.

- **CNC – Controle Numérico Computadorizado (*Computed Numerical Control*)**

No início da década de 70 surgiram as primeiras máquinas CNC, nas quais têm-se a possibilidade de armazenamento em memória de programas completos e até mesmo diversos programas. A década de 70 também assinala o surgimento das primeiras máquinas a Controle Numérico fabricados no Brasil.

As máquinas CNC têm uma evolução contínua e notável concomitantemente com os computadores em geral. Os controles modernos empregam em seu conceito físico (*hardware*) semi-condutores, transistores, *flip-flops*, circuitos altamente integrados (LSI - *large scale integration*) e micro-processadores. Os controles lançados no mercado no fim da década de 70 já utilizavam a “*bubble memory*”. A confiabilidade de cada componente eletrônico em si aumentou, contribuindo para o aumento da confiabilidade do sistema como um todo (MACHADO, 1990).

A seguir relata-se algumas vantagens do sistema CNC, segundo MACHADO (1990):

- possibilidade de memorização completa de um programa ou mesmo mais de um programa. Isto proporciona uma série de conseqüências, tais como:
 - a) a leitora só lê uma vez o programa, o que possibilita o seu funcionamento por muito pouco tempo, o que diminuirá os cuidados de manutenção desse elemento eletro-mecânico;
 - b) a probabilidade de erros de leitura diminui também na mesma escala pela mesma razão;
 - c) redução no tempo de preparação quando da troca de lotes de peças de programas já memorizados.
- compactação do armário;
- possibilidade de alterações de programas diretamente através de teclado, permitindo alterações de forma bastante rápida.

- **DNC – Controle Numérico Direto (*Direct Numerical Control*)**

Consiste no emprego de computadores de grande porte controlando simultaneamente mais de uma máquina de controle numérico. Os programas de usinagem são armazenados no sistema central, então, carregados dentro do CNC, se necessário, toda vez que uma nova peça é transferida para a estação de carregamento da máquina. O novo programa é introduzido em

disquete no computador central, ou de tape usando a leitura CNC (MACHADO, 1990).

- **AGV – Veículos Guiados Automaticamente (*Automatic Guided Vehicles*)**

Os veículos automáticos são utilizados principalmente para transporte de peças, dispositivos, *pallets*, magazines de ferramentas até as estações de trabalho e o armazém automatizado. É composto por veículos iguais que carregam, descarregam, transportam cargas controladas por computador próprio, sem operador. O controle de direção é feito por algum tipo de percurso pré-definido, instalado no solo ou transmitido por mensagens de rádio, ou interfaceamento do computador de bordo com os computadores centrais de controle. O sistema total e os veículos (carros) são controlados por computadores centralizados, computadores de “bordo” e dispositivos de controle de tráfego que se comunicam com o controle central do Sistema Flexível de Manufatura⁽²⁾. A Figura 3.18 mostra esquematicamente um veículo guiado automaticamente (WARNECKE & STEINHILPER, 1985).

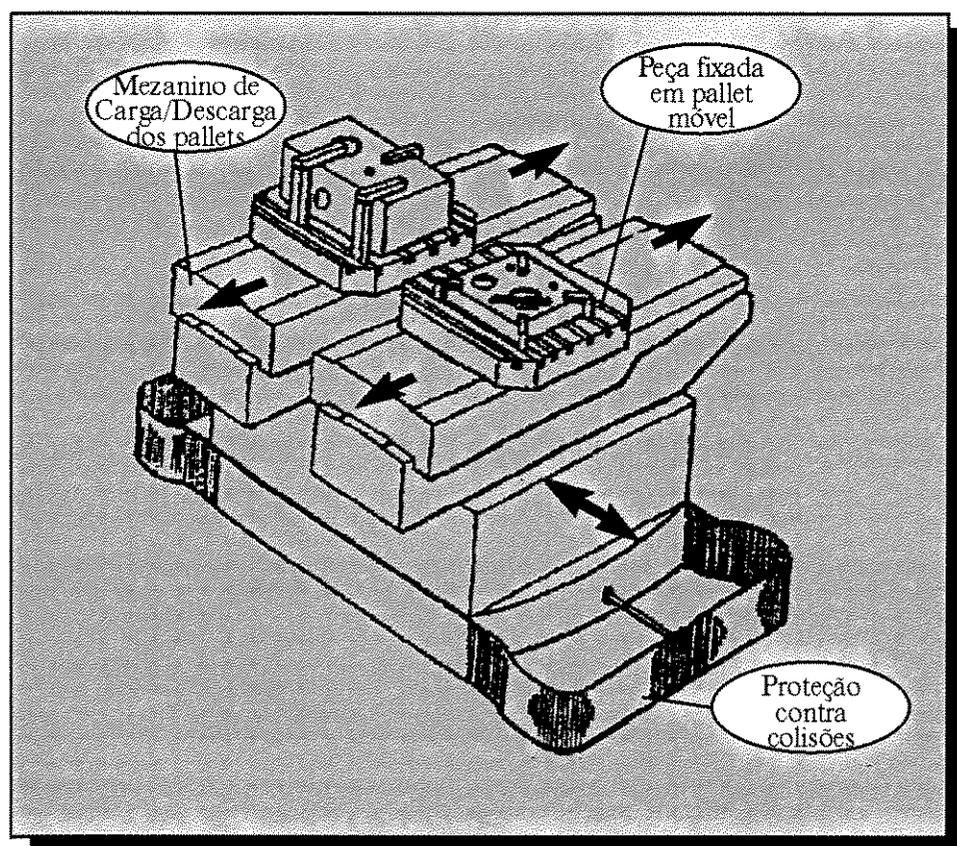


Figura 3.18 – Representação Esquemática de um AGV (AGOSTINHO, 1995)

⁽²⁾ O conceito de (FMS) Sistemas Flexíveis de Manufatura consta neste tópico 3.4.2 na página 70.

A principal característica de um AGV é a flexibilidade. O roteiro dos AGVs pode ser alterado facilmente, expandindo-se ou modificando-se, através da alteração dos cabos que definem o percurso. Permite acesso direto do sistema de movimentação de materiais para carga e descarga nas células flexíveis e acesso também aos sistemas automáticos de estocagem. Desse modo, será possível interligar células novas e existentes.

• Robótica

Segundo VIEIRA (1985), a primeira concepção de robô surgiu em Nova York em 9 de outubro de 1922 apresentado em uma peça de teatro pelo dramaturgo checoslováquio Karel Capek. O robô é a máquina capaz de realizar trabalhos para o homem, principalmente os físicos, repetitivos e perigosos. Organizações normativas, como a “*Japan Industrial Robot Association*” classificam os robôs quanto a informação de entrada e aprendizagem (VIEIRA, 1985):

Classe 1 - Manipulador Manual: controlado em tempo real pelo homem (operador).

Classe 2 - Robô de Seqüência Fixa: cada passo executado segue uma seqüência previamente estabelecida e/ou programada.

Classe 3 - Robô de Seqüência Variável: idêntico à Classe 2, mas com possibilidade de alterar facilmente a seqüência.

Classe 4 - Robô “*Play-Back*”: repete a seqüência de movimentos segundo uma programação em que se posicionou fisicamente a ponta do robô, ou através de um “*teach-in-box*”.

Classe 5 - Robô NC: programação prévia com o espaço referenciado a um Sistema de Coordenadas Cartesianas.

Classe 6 - Robô Inteligente: utiliza sensores mais sofisticados tais como visão, tato, entre outros, aliados a decisões estabelecidas por Inteligência Artificial.

Já a *Association Française de Robotique Industrielle* (AFRI) aplica a seguinte classificação:

Tipo A - Classe 1: manipulador com controle manual ou por tele-controle;

Tipo B - Classe 2 e 3: manipulação automática com um ciclo pré-determinado;

Tipo C - Classe 4 e 5: robô programável, posicionamento por servomotores (trajetória contínua ou ponto a ponto), conhecido como: primeira geração de robôs.

Tipo D - Classe 6: equipado não apenas com transdutores de posição, também conhecidos como segunda geração de robôs.

Os robôs também podem ser classificados quanto à aplicação em :

Robôs Industriais: são os que realizam trabalhos dedicados a manipulação de peças ou ferramentas.

Robôs Médicos: dá-se esse nome à próteses de braço ou perna.

Robôs Móveis: são máquinas capazes de se deslocar pelo solo, em lugares com obstáculos, sem intervenção do homem (VIEIRA, 1985).

Os robôs industriais que são o foco deste trabalho são principalmente aplicados no manuseio de peças e ferramentas.

Este trabalho não tem como objetivo aprofundar-se no dimensionamento de robôs. Eles serão utilizados como elementos componentes dos FMS.

As principais configurações geométricas em termos de movimentos dos robôs são coordenadas cartesianas, coordenadas cilíndricas, coordenadas polares e coordenadas de revolução.

- **CAPP – Planejamento de Processos Assistido por Computador (*Computer Aided Process Planning*)**

O CAPP tem sido reconhecido como elemento chave no trabalho relacionado com a implementação do CIM (DE BELLO & GALIB, 1993).

A geração de planos de processo (também denominados de roteiros ou planos de fabricação) é uma lacuna entre o CAD e o CAM, e, como se não bastasse, a atividade de manter sua atualização é um dos maiores gargalos em muitas empresas. A aplicação de sistemas CAPP surgiu para dar maior agilidade e qualidade à geração das informações contidas nos planos de processos, e, como cada empresa tem uma cultura particular de criação, documentação e emissão de planos de processos, é necessário que os sistemas CAPP sejam flexíveis e se adequem aos ambientes em que estão inseridos (FRIEDRICH & STANGE, 1997).

O principal objetivo do planejamento do processo é selecionar e definir, em detalhes as etapas de fabricação de um produto. Deste modo, as especificações do produto (resultantes das atividades de projeto) são transformadas em informações de processo de manufatura, com os respectivos tempos e locais de trabalho. Resumidamente pode-se dizer que o planejamento do processo e a fabricação é o elo de ligação entre o projeto e a fabricação, gerando informações que podem ser aproveitadas por vários setores da empresa. O plano de processo influencia diretamente uma série de atividades da empresa. Um exemplo, é a

determinação da carga-máquina no PCP (Planejamento e Controle da Produção), que utiliza a seqüência de operações e seus tempos. Tal seqüência é essencial para os sistemas de PCP que trabalham com ordens de produção. No chão-de-fábrica, o plano de processo instrui o operador quanto ao melhor método de confecção de um produto, e isso influencia na qualidade porque fornece informações precisas sobre os operadores e os métodos de inspeção ou controle. Além disso, com base nos planos de processo podem ser estudados os fluxos de peças fabricadas, escolhidos novos *layouts* ou montadas células de fabricação através da análise do fluxo (FRIEDRICH & STANGE, 1997).

Para a implementação do CAPP é necessário definir o ambiente, cadastrar os dados, definir a documentação do processo, definir os automatismos (cálculos e geração de desenhos de projetos, cálculos de custos planejados de fabricação, cálculos de tempos, condições de usinagem e de variáveis dos planos de processos), definições organizacionais e por fim a implantação do sistema. Nesta implantação tem-se que compor os dados iniciais, fazer o treinamento dos usuários finais e testes finais.

Com a implementação do CAPP é possível se obter os seguintes resultados:

- redução do tempo de planejamento;
- agilidade nas revisões;
- padronização dos processos;
- criação de uma base única de processos;
- aumento da qualidade dos processos.

A implementação do CAPP em uma indústria tende a elevar os índices de produtividade, pois os setores da empresa passam a gerar informações automatizadas, padronizadas e com uma maior qualidade.

- **FMS – Sistemas Flexíveis de Manufatura (*Flexible Manufacturing Systems*)**

Um FMS combina estações de processamentos automatizados com um sistema de transporte totalmente automatizado. Segundo AGOSTINHO (1985), um FMS consiste de um grupo de estações de processamento (máquinas CNC) interligadas através de um sistema de transporte e de estocagem de materiais, peças e ferramentas automatizadas, controlado por um sistema integrado de computador.

O que dá ao FMS o seu nome é o fato dele ser capaz de processar simultaneamente uma variedade de diferentes tipos de peças sob o controle do programa CNC nas várias estações de trabalho. Para passar de uma célula de manufatura convencional para um FMS,

portanto, são necessários elevados investimentos em máquinas e sistemas, investimentos esses proporcionais ao grau de sofisticação pretendido, conforme segue:

- “estações de trabalho” NC, sejam máquinas-ferramenta ou centros de trabalhos mais sofisticados, automatizados, que desempenham operações “mecânicas”;
- instalações de carga/descarga, freqüentemente robôs, que movem peças de e para as estações de trabalho;
- instalações de transporte/manuseio de materiais, que movem peças entre estações de trabalho (podem ser AGVs, esteiras ou trilhos transportadores ou, se as distâncias são pequenas, robôs);
- um sistema central de controle por computador, que controla e coordena as atividades do sistema (estações de trabalho, AGVs, robôs), e também o planejamento e o seqüenciamento de produção das peças através do sistema.

Segundo AYRES (1992), os FMS surgiram no começo dos anos 70 e até o começo dos anos 90 havia mais de 800 FMS construídos em todo o mundo. Juntando-se o estudo desse autor com o de DAS & KHUMAWALA (1989), pode-se listar como sendo as principais vantagens atribuídas aos FMS:

- redução na utilização de mão-de-obra direta;
- aumento na taxa de utilização de máquinas/equipamentos;
- menores ciclos produtivos e estoques em processo;
- necessidade de menos espaço no “chão-de-fábrica”;
- habilidade para produzir peças diferentes com mínimo tempo de preparação de máquinas;
- aumento da produtividade e qualidade dos produtos.

Segundo DAS & KHUMAWALA (1989), apesar dessas vantagens a maior restrição à implantação dos FMS continua sendo seu preço. Isso geralmente cria uma dificuldade para a aprovação de investimentos no sistema, baseando-se em métodos de viabilidade econômica tradicionais (ADLER, 1988).

Assim como no caso da TG, a implantação dos FMS deve também provocar uma reestruturação na manufatura, principalmente em questões referentes a qualidade, manutenção, mão-de-obra e PCP. Essa necessidade de adequação fica evidente no trabalho de JAIKUMAR (1986), que estudou 35 FMS nos EUA e 60 no Japão, concluindo que os FMS dos EUA eram utilizados erroneamente para produção em altos volumes, como nos sistemas de produção em massa. Deve-se utilizar ao máximo os recursos materiais (máquinas,

equipamentos, etc.) disponíveis na empresa, ou seja, baixo investimento e adotar a implantação de técnicas bastante acessíveis para as empresas em termos econômicos para a transformação da estrutura convencional em flexível. Essa sugestão baseia-se no conceito de que é melhor automatizar o que já é flexível do que flexibilizar o que é automatizado.

Essa colocação é bastante importante, principalmente para aquelas empresas que pretendem iniciar-se nas tecnologias de automação. Também deve-se lembrar que nenhuma automação substitui a informação (*software*), mas sim a mão-de-obra (*hardware*) se considerar o homem como a máquina operatriz mais simples existente (AGOSTINHO, 1994).

Cumprida essa etapa de flexibilização da manufatura, pode-se partir para a automatização do sistema em direção à adoção ou à implantação dos FMS. A Figura 3.19 ilustra de maneira simplificada os estágios de passagem da estrutura convencional para a estrutura flexível (GROOVER, 1987).

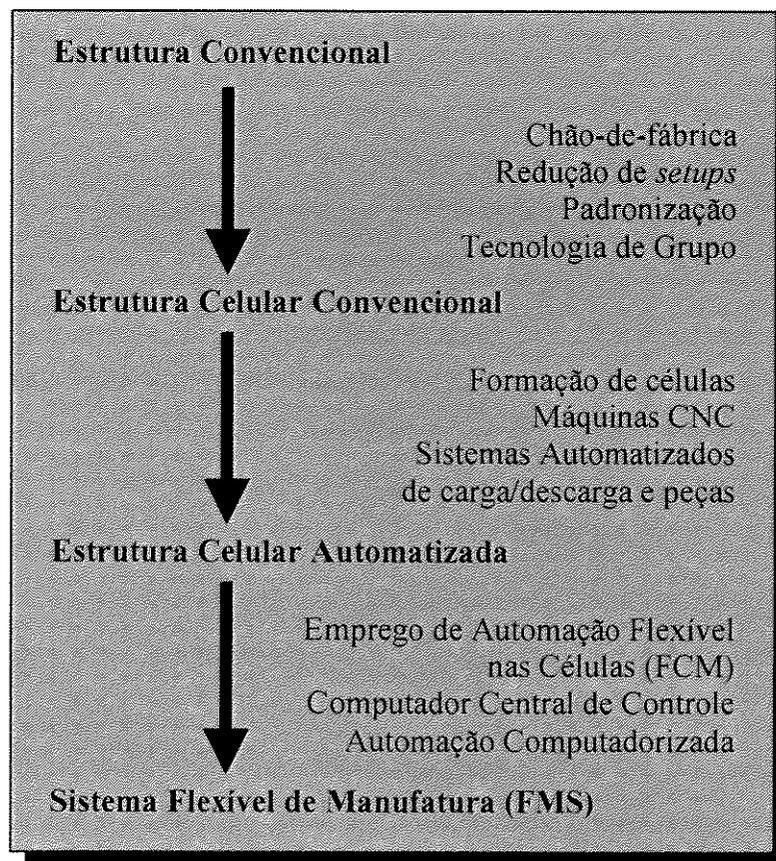


Figura 3.19 – Estágios de Passagem da Estrutura Convencional para a Flexível (GROOVER, 1987)

A automação e a flexibilidade caminham juntas, pois observa-se na Figura 3.20 que esta ligação entre ambas é relativa, então o objetivo é determinar o ponto ótimo de equilíbrio em termos de retorno sobre o investimento (WARNECKE & STEINHILPER, 1985).

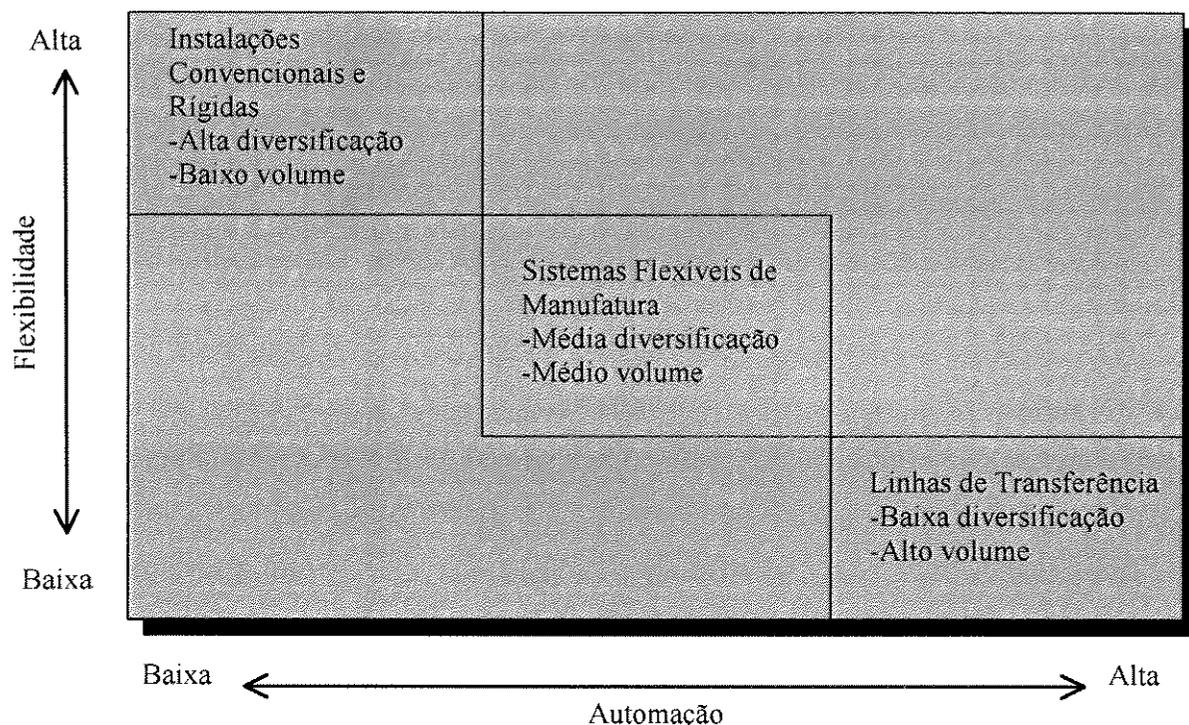


Figura 3.20 – Flexibilidade versus Automação (WARNECKE & STEINHILPER, 1985)

O caminho sugerido a empresas tipicamente convencionais é de que dêem primeiro um passo em direção à flexibilidade dos seus sistemas de produção e, a partir daí, sigam em direção à automatização dos mesmos em função das suas necessidades e da disponibilidade de recursos.

Concluindo este tópico, a Figura 3.21 apresenta os estágios da automação flexível para as várias instalações flexíveis de manufatura.

Instalações Flexíveis de Manufatura

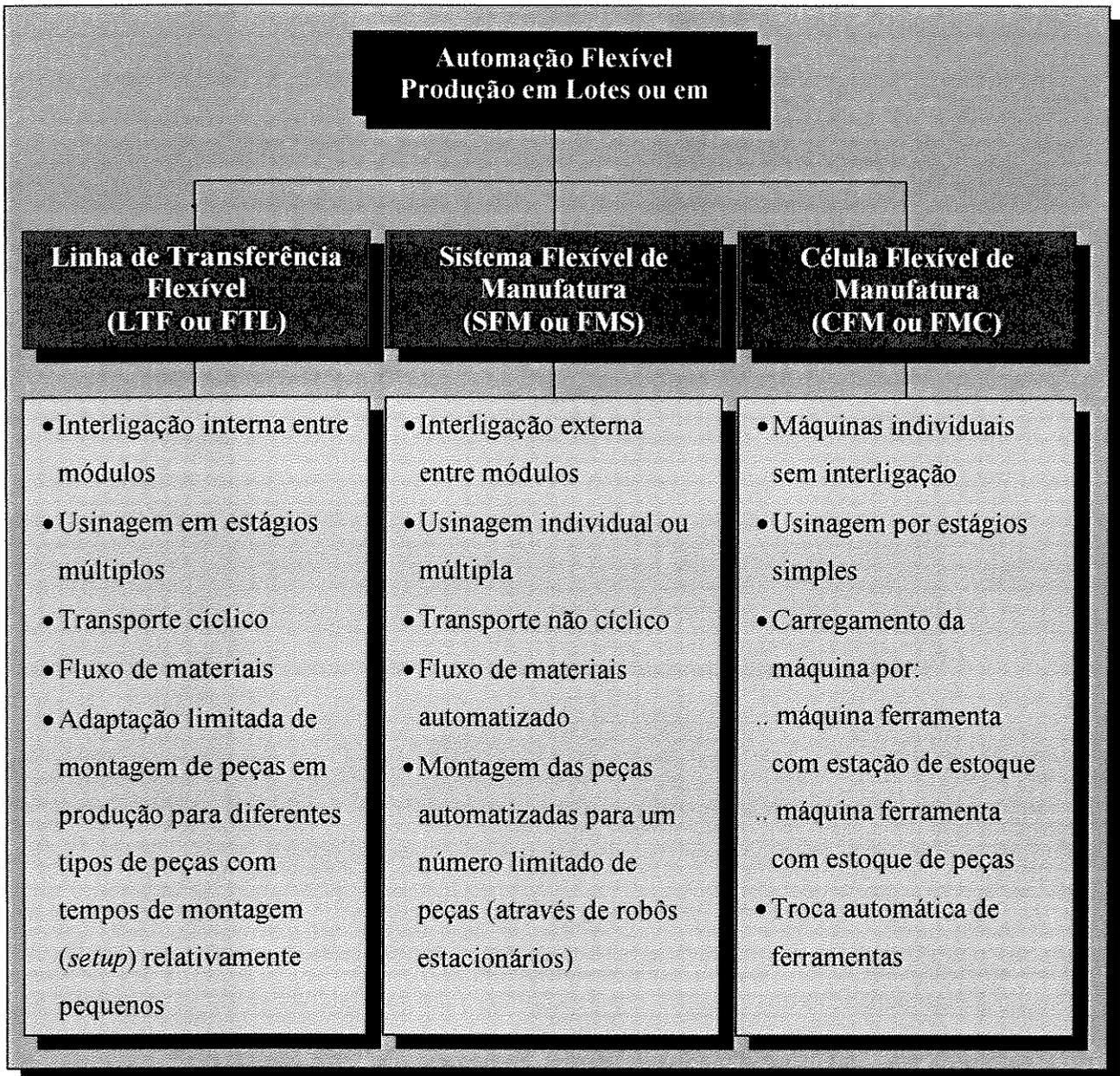


Figura 3.21 – Estágios da Automação Flexível (AGOSTINHO, 1994).

Capítulo 4

Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade

Este capítulo trata dos sistemas gerenciais referentes à gestão da produção e da qualidade disponíveis para serem utilizados pelo setor industrial, especialmente o metal-mecânico.

4.1 Sistemas aplicados à Gestão da Produção

Numa indústria, a gestão da produção costuma ser representada, praticamente, pelas atividades de planejamento e controle da produção. Assim, o termo (PCP) Planejamento e Controle da Produção é geralmente utilizado para designar uma série de atividades, tradicionalmente executadas dentro de uma atividade mais ampla e fundamental dentro da indústria: a gestão da produção. Essas atividades de PCP são geralmente executadas através dos chamados sistemas de PCP, os quais estão relacionados e descritos sucintamente a seguir.

- Planejamento das Necessidades de Materiais – MRP (“*Material Requirement Planning*”) e seus sucessores o Planejamento dos Recursos de Manufatura – MRP-II (“*Manufacturing Resource Planning*”) e o Planejamento dos Recursos da Empresa – ERP (“*Enterprise Resource Planning*”);
- Produção Just-in-Time – JIT e o sistema *Kanban*;
- Tecnologia da Produção Otimizada – OPT (“*Optimized Production Technology*”) e a Teoria das Restrições – TOC (“*Theory of Constraints*”).

4.1.1 MRP / MRP-II / ERP

O Planejamento das Necessidades de Materiais – MRP (*Material Requeriment Planning*) surgiu com objetivo de aproveitar a preparação da máquina a um certo custo de

inventário, pois quanto maior o lote, maior o custo financeiro do estoque.

O MRP baseia-se principalmente nas informações da lista de materiais (demandas dependentes e independentes), ciclos de produção de cada item (*lead-times*), programação mestre, níveis de inventários e no conceito de lote econômico para executar o planejamento das necessidades de materiais.

Na década de 70, essa técnica evoluiu dentro do conceito de sistema de gerenciamento da produção integrado por computador, surgindo o Planejamento dos Recursos de Manufatura – MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*). A grande característica dessa técnica está no nível de detalhamento dos itens planejados, programados e controlados, o que a torna impraticável sem a utilização intensa de computadores, refletindo as vezes na forma de altos custos de implantação e de operacionalização. Por isso, autores como ADAMS & COX (1985) definem o MRP-II como sendo um sistema de informações abrangendo toda a manufatura. A Figura 4.1, mostra um fluxo lógico do MRP-II (CORRÊA et al, 1997).

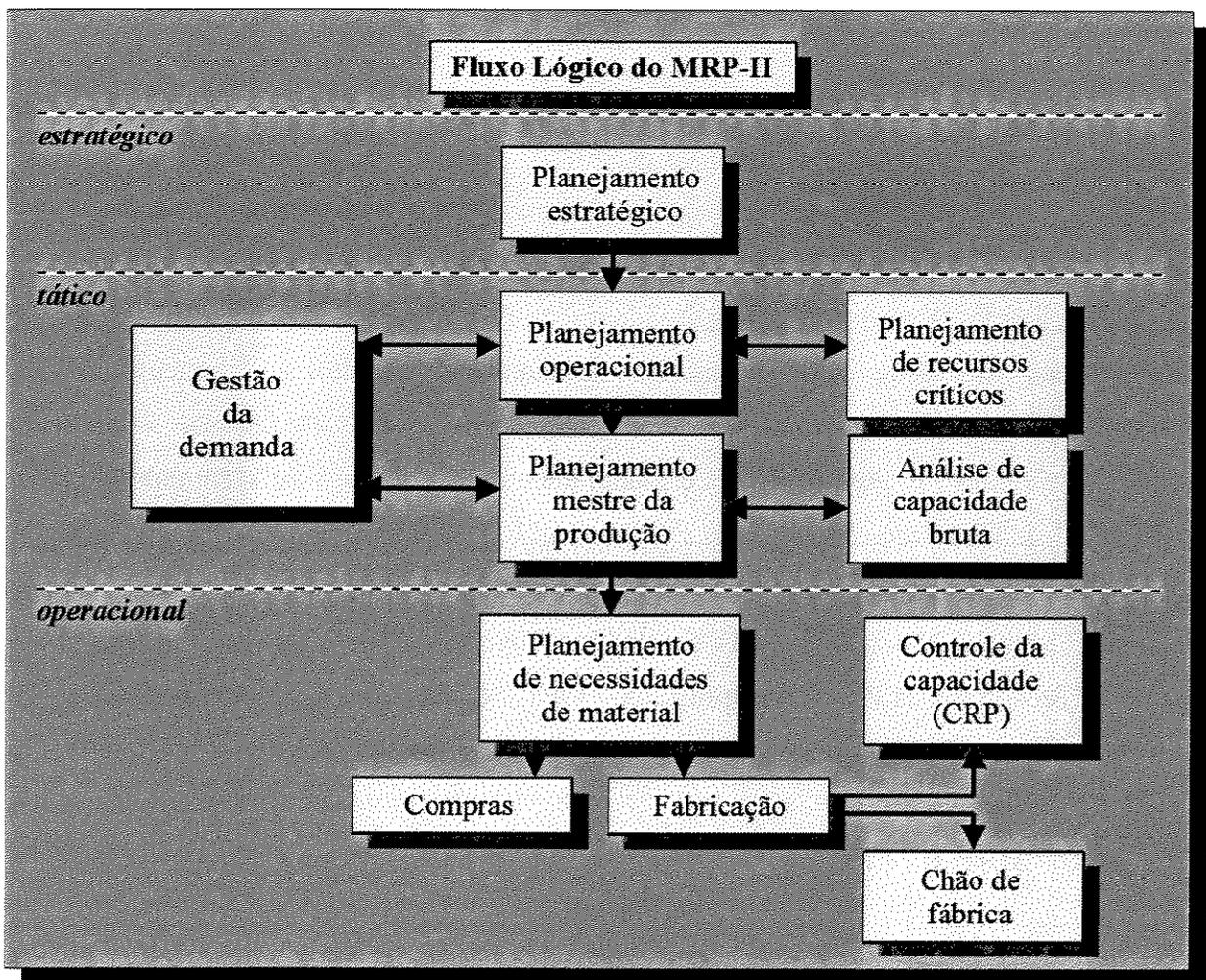


Figura 4.1 – Fluxo Lógico do MRP-II (Adaptado de CORRÊA et al, 1997)

Entretanto, com o advento do sistema JIT, o gigantismo dos sistemas MRP-II veio à tona, começando a surgir uma série de restrições que perduram até os dias atuais. As críticas mais comuns dizem respeito ao volume de dados planejados/controlados, ao nível de acuracidade exigidos dos mesmos e ao fato de o sistema assumir capacidade infinita em todos os centros produtivos.

Uma pesquisa realizada por CERVENY & SCOTT (1989) em 433 indústrias (de ramos não discriminados) do nordeste dos EUA mostrou que 261 (60%) eram usuárias do MRP-II. A pesquisa revelou vários dados interessantes a respeito da implantação do sistema, por exemplo, quais eram os módulos mais usados pelos usuários. Conforme esses dados mostram:

- 90% deles usavam os módulos de controle de estoques e planejamento das necessidades de materiais;
- 70% deles usavam os de programação mestre e compras;
- 54% deles usavam o de controle de “chão-de-fábrica”;
- 52 % deles usavam o de controle de capacidade.

O aspecto mais relevante desses dados é mostrar que o módulo mais utilizado do MRP-II é aquele que executa o planejamento das necessidades de materiais, ou seja, é o módulo que representa o sistema MRP original. Uma pesquisa realizada no Brasil, por SEQUEIRA (1990), em 168 indústrias de diversos segmentos e tamanhos, revelou que apenas 19% delas utilizavam o sistema MRP-II. Dentre elas a maioria utilizava apenas o sistema (ou módulo) MRP. Um detalhamento mais completo do MRP-II pode ser encontrado em SACOMANO (1991), VOLLMANN et al (1992) e CORRÊA et al (1997) dentre outros.

Segundo CORRÊA et al (1997), o Planejamento de Recursos da Empresa – ERP (*Enterprise Resources Planning*) tem a pretensão de suportar todas as necessidades de informações para tomada de decisão gerencial de uma empresa como um todo. É basicamente composto de módulos que atendem a necessidades de informação para apoio à tomada de decisão de setores outros que não apenas aqueles ligados à manufatura, tais como distribuição física, custos, recebimento fiscal, faturamento, recursos humanos, finanças, contabilidade, entre outros, todos integrados entre si com os módulos de manufatura, a partir de uma base de dados única e não redundante.

Embora as melhores alternativas disponíveis de sistemas ERP do mercado (ex.: SAP/R3, BAAN, People Soft) tenham um escopo que lhes permitiria chamarem-se

ERP's, não se pode ainda, com segurança, afirmar que uma solução ERP tenha tido sucesso completo no uso por um usuário que tenha passado a usar todos os seus módulos. Isto, porque ainda não houve tempo suficiente para uma empresa implantar todos os módulos de uma das soluções do sistema disponíveis. Além disso, no Brasil, em particular, a maioria destas soluções ainda passa por um grande esforço de tropicalização, ou de outra maneira, de adaptação dos módulos originais às particularidades brasileiras. Um exemplo é o módulo de recebimento fiscal, no qual dificilmente a solução original de um pacote ERP estrangeiro encaixar-se-ia perfeitamente às necessidades dos usuários brasileiros, que enfrentam problemas como uma legislação complexa e em constante alteração.

Recomenda-se, portanto, uma análise bastante cuidadosa, pelos potenciais usuários de sistema ERP, sobre a conveniência de adotar-se maior ou menor escopo de módulos deste sistema, com base nas particularidades da situação. Como sempre, é uma questão de avaliar custos e benefícios (financeiros, estratégicos, organizacionais, entre outros) das alternativas para uma decisão adequada.

A integração através do ERP pode ser vista na configuração dos módulos mencionados conforme o diagrama da Figura 4.2.

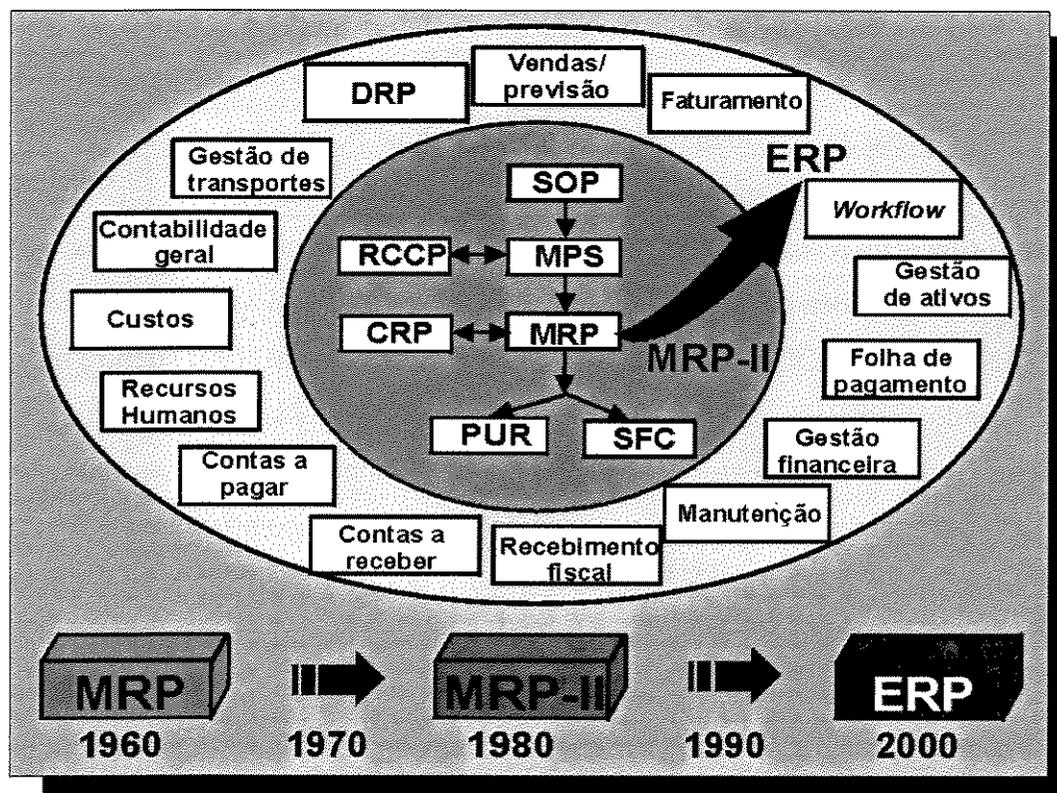


Figura 4.2 - Estrutura Conceitual dos Sistemas ERP (CORRÊA et al, 1997)

4.1.2 JIT / *Kanban*

O sistema (*Just-in-Time*) JIT surgiu no Japão, nos meados da década de 70, sendo sua idéia básica e seu desenvolvimento creditados à Toyota Motor Company, a qual buscava um sistema administrativo que pudesse coordenar a produção com a demanda específica de diferentes modelos e cores de veículos com o mínimo atraso (CORRÊA & GIANESI, 1994).

Ainda segundo CORRÊA & GIANESI (1994), as metas colocadas pelo JIT, em relação aos vários problemas de produção são:

- zero defeitos;
- tempo zero de preparação (*setup*);
- movimentação zero;
- estoque zero;
- quebra zero;
- *lead-time* zero;
- lote unitário (uma peça).

Considerando-se os trabalhos de WANTUCK (1989), MOURA (1990) e CORRÊA & GIANESI (1994), pode-se resumir os principais elementos que devem compor a implementação de um sistema JIT em:

- fábrica focalizada, ou seja, para um mix reduzido de produtos;
- redução dos tempos de preparação de máquinas para viabilizar a produção em lotes mínimos. Num sistema JIT, o lote de produção ideal é o unitário;
- utilização de TG e de arranjos físicos celulares;
- utilização de sistemas de manutenção produtiva total;
- utilização de mão-de-obra multifuncional;
- utilização de cargas de trabalho uniformes e operações padronizadas;
- sistema de compras JIT, ou seja, receber o item certo, na quantidade certa, no prazo certo e na qualidade certa, com um número máximo de fornecedores;
- produção puxada e controlada através de cartão (sistema *Kanban*);
- qualidade (conformação) com o objetivo de zero defeitos.

Pelo exposto, percebe-se que o sistema *Kanban* é apenas um dos componentes do JIT, ou seja, os termos não são sinônimos.

O *Kanban* consiste num sistema de controle da produção bastante simplificado (comparativamente ao MRP-II) e que tem como princípio “puxar” a produção, ao invés dos

sistemas convencionais que “empurram” a mesma. Nesse sistema é a área de montagem que inicializa o processo produtivo, ao invés das tradicionais áreas de corte de matéria-prima. Isso cria um processo em cadeia em que os centros produtivos assumem, também, a responsabilidade de cobrar e buscar os materiais nos centros produtivos que são seus fornecedores (SCHONBERGER, 1984).

Na pesquisa feita no Brasil, por SEQUEIRA (1990), em 168 indústrias revelou-se que apenas 11% delas utilizavam alguns dos elementos que compõem o sistema JIT. O sistema JIT tem proporcionado mudanças radicais e positivas dentro da Manufatura. Algumas dessas importantes contribuições são:

- colocação do cliente/mercado como pólo norteador da Manufatura;
- diminuição da mão-de-obra indireta no "chão-de-fábrica" e conseqüente envolvimento da mão-de-obra direta nas atividades de controle da produção, controle da qualidade e manutenção preventiva;
- mudança na relação com os fornecedores, através de uma relação de cooperação de longo prazo;
- criação da mentalidade de que os tempos improdutivo e os estoques devem ser minimizados/eliminados.

Entretanto, a implantação integral do sistema JIT parece estar restrita apenas a indústrias com demandas relativamente estáveis e conhecidas, o que torna sua aplicabilidade potencialmente restrita.

4.1.3 OPT / TOC

De acordo com CORRÊA & GIANESI (1994), o OPT, que é a sigla para *Optimized Production Technology* ou Tecnologia de Produção Otimizada, é uma técnica de gestão de produção desenvolvida por um grupo de pesquisadores israelenses, do qual fazia parte o físico Eliyahu Goldratt, que acabou por ser o principal divulgador de seus princípios. O OPT é um sistema de administração da produção que se compõe de pelo menos dois elementos fundamentais: sua “filosofia” ou princípios e um *software* “proprietário”, no qual o objetivo básico dos sistemas produtivos é “ganhar dinheiro”.

Segundo GOLDRATT (1988), o OPT era no final da década de 80 o software mais poderoso e de maior sucesso para programação do chão-de-fábrica. Isso significa que o próprio criador não considerava o OPT um sistema de PCP, mas apenas um sistema de

programação da produção. GOLDRATT também afirma que o OPT é apenas um produto derivado de uma teoria ampla criada por ele, a Teoria das Restrições – TOC (*Theory of Constraints*).

Com o intuito de firmar o OPT como um sistema de Planejamento e Controle da Produção, a Creative Output Inc (COI) tratou também de divulgar os nove princípios básicos do OPT (e da Teoria das Restrições), curiosamente através de um livro escrito de forma não convencional (GOLDRATT & COX, 1990). Esses princípios, que estão também relacionados em vários outros trabalhos, são listados a seguir:

- balancear o fluxo e não as capacidades;
- as restrições determinam o nível de utilização dos centros produtivos não gargalos, ou seja, o nível de utilização de um centro produtivo não gargalo não é determinado pelos seus próprios recursos, mas sim por alguma restrição (gargalo) do sistema;
- ativar nem sempre significa utilizar, ou seja, utilizar um recurso quando sua produção não puder ser absorvida por um recurso gargalo pode significar perdas com estoques;
- uma hora perdida num recurso gargalo é uma hora perdida por todo o sistema produtivo;
- uma hora economizada num recurso não gargalo é uma ilusão, visto que nada acrescenta à capacidade total do sistema;
- os recursos gargalos governam o volume de produção e o volume dos estoques;
- os lotes de transferência deveriam ser variáveis, ou seja, não necessariamente iguais aos lotes de produção;
- os lotes de produção deveriam ser variáveis, ou seja, deveriam atender apenas as necessidades imediatas (como no JIT);
- a programação da produção deveria ser estabelecida examinando-se simultaneamente todas as restrições do sistema produtivo, ou seja, a soma dos ótimos locais não leva ao ótimo global.

GELDERS & WASSENHOVE (1985) acrescentam ainda um “décimo princípio”, o qual determina que a chamada “Lei de Murphy” (que pressupõe a existência de uma série de problemas que são inevitáveis) não é desconhecida e seus efeitos negativos podem ser isolados e minimizados através do uso, em pontos estratégicos, de capacidade e estoques de segurança.

LUEBBE & FINCH (1992) argumentam que a chamada “Teoria das Restrições” não

acrescenta nada de novo à tradicional técnica de Programação Linear. VOLLMANN (1986) também levanta algumas restrições em relação ao OPT. Para esse autor, o OPT não é um sistema de resultado ótimo, mas heurístico, cujo desempenho depende pelo menos dos seguintes fatores:

- do percentual de recursos gargalos existentes;
- da quantidade de recursos ou centros produtivos existentes;
- do tamanho da estrutura dos produtos;
- do nível de detalhamento dos arquivos de roteiros de produção.

Entretanto, VOLLMANN (1986) também lembra que o OPT procura compatibilizar, na sua função objetivo, questões tidas como antagônicas, tais como minimizar custo e maximizar o desempenho das entregas. Vários autores, dentre eles DELEERSNYDER et al (1992), sugerem sistemas híbridos similares entre o MRP-II e o JIT, em que o primeiro seria usado para executar as atividades de planejamento e o segundo para as de controle da produção.

Finalizando, na Tabela 4.1 são destacados alguns fatores prós e contras nos três sistemas (PIRES, 1995).

Tabela 4.1 – Alguns Fatores Prós e Contras do MRP-II / JIT / OPT (PIRES, 1995)

SISTEMA	FATORES PRÓS	FATORES CONTRAS
MRP-II	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ampla base de dados propícia à tecnologia CIM; ▪ Aplicável a sistemas produtivos com grandes variações de demanda e <i>mix</i> de produtos; ▪ <i>Feedback</i> dos dados e controles <i>on line</i> abrangendo todas as principais atividades do PCP. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso intenso de computadores com volume de dados muito grande; ▪ Custo operacional alto; ▪ Necessidade de alta acuracidade dos dados; ▪ Divulgação de várias implementações com desempenho insatisfatório; ▪ Implementação geralmente complexa.
JIT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simplicidade; ▪ Melhoria da qualidade; ▪ Mudanças positivas na organização e mão-de-obra; ▪ Baixo nível dos estoques; ▪ Praticamente não depende de computadores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicação restrita a sistemas produtivos com pouca variação na demanda e no <i>mix</i> de produtos; ▪ Necessidade de grandes mudanças na organização e mão-de-obra; ▪ Dependência maior dos fornecedores externos.
OPT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de capacidade finita; ▪ Capacidade de simulação da produção; ▪ Aplicável a sistemas produtivos com grandes variações de demanda e <i>mix</i> de produtos; ▪ Direcionamento dos esforços em cima dos recursos gargalos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grande dependência de computadores (embora menor que o MRP); ▪ Desconhecimento da sistemática de trabalho do módulo OPT; ▪ Mais aplicável a programação e controle da produção; ▪ Poucos resultados sobre implantação têm sido divulgados.

4.2 Sistemas Aplicados à Gestão da Qualidade

Relatos históricos mostram que, desde a antigüidade, o homem se preocupa em produzir algo com qualidade diferenciada e superior. Foram vinhos, armas, tecidos, jóias, obras de arquitetura como as pirâmides egípcias e incas, construções e estradas romanas, teatros gregos e outras obras primas que se destacaram como excepcionais, demonstrando a existência, ainda que rudimentar, de um controle de qualidade envolvendo a criação de padrões, suporte matemático e de geometria para alcançar o resultado desejado. Desde então, o conceito de qualidade vem se aprimorando e se desdobrando em novas atitudes.

Os precursores do pensamento da qualidade influenciaram significativamente as propostas de gerenciamento das empresas. Os primeiros programas de qualidade surgiram há aproximadamente seis décadas nos Estados Unidos, Europa e Japão. Os denominados “gurus” da qualidade concretizam suas filosofias com base em resultados obtidos em empresas japonesas, e suas principais idéias podem ser assim sintetizadas, segundo MIRANDA (1995) e CORTADA & QUINTELLA (1995):

Ishikawa (1985) – Articulador gerencial da cultura oriental de participação e compromisso com a qualidade. Criador do diagrama de causa e efeito, muito utilizado nos CCQ (Círculos de Controle da Qualidade).

Taguchi (1986) – Criador dos controles estatísticos dos processos - CEP.

Feigenbaum (1986) – Criador dos sistemas de qualidade total nos EUA e também dos primeiros conceitos de garantia da qualidade.

Deming (1986) – Com base nos 14 princípios de gerenciamento, propõe revolucionar o conceito de administração. Para ele, boa qualidade é um grau previsível de uniformidade e confiabilidade, a baixo custo e através de controle estatístico.

Juran (1990) – Incorpora na administração o conceito de gerenciamento de projetos, fundamentado em 10 princípios para a melhoria da qualidade.

Imai (1992) – Difusor da filosofia japonesa do melhoramento contínuo (*Kaizen*).

Crosby (1995) – Traz uma boa abordagem preventiva, preconizando uma “vacina” de qualidade, através da clareza e especificações. O principal ponto é a conformidade versus não conformidade. O que ele propõe como zero defeito será mais centrado no padrão de desempenho gerencial.

A questão da qualidade tem gerado uma nova lógica de organização dos processos de produção. As características mais significativas, segundo (TAMINI & GERHSON, 1995) são:

- necessidade da explicação das características reais das tarefas;
- novas seqüências de ciclos produtivos;
- eficácia e adequação das máquinas e equipamentos;
- eliminação de riscos;
- valorização da sabedoria de quem faz.

Essas idéias, e muitas outras que surgiram, têm criado uma mentalidade voltada à qualidade, que implica em novas relações tanto em nível técnico-científico, quanto comportamental, já que são as pessoas as agenciadoras dessa mudança.

As organizações empresariais costumam enfrentar centenas de problemas a mais do que empresários e administradores conseguem detectar e, muito menos, solucionar. Pesquisa realizada no Japão, revela que dos problemas relacionados pelo pessoal de base (chão-de-fábrica) de determinada empresa (100% dos problemas), somente 4% eram conhecidos pela alta administração, apenas 9% pelos gerentes e 74% pelas chefias imediatas, conforme ilustra a Figura 4.3 (WHITELEY, 1992).

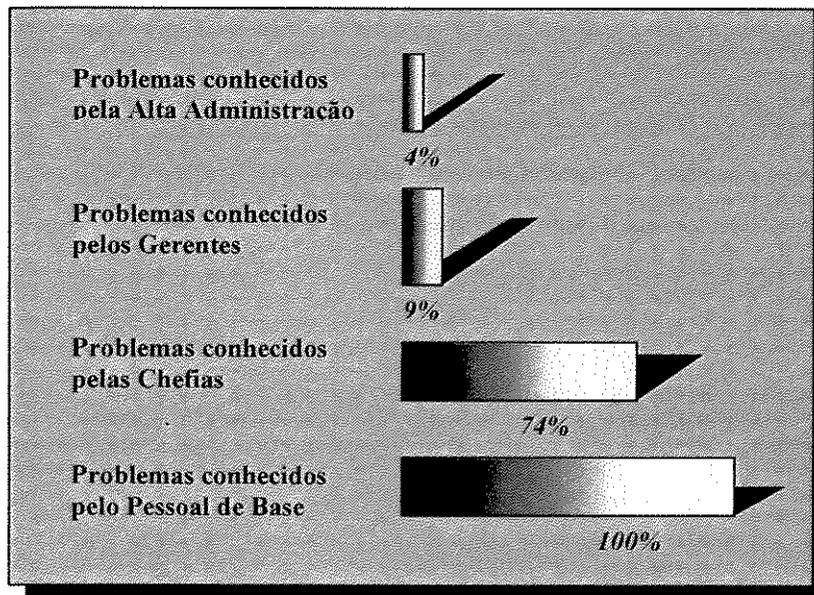


Figura 4.3 – Conhecimento dos problemas nos diferentes níveis (WHITELEY, 1992)

Apesar de existir múltiplas e variadas formas de gerenciamento da qualidade, dados coletados na pesquisa realizada em 371 indústrias americanas provam que existe um acordo universal em torno da presença de fatores específicos que são críticos para o gerenciamento

efetivo da qualidade (TAMINI & GERHSON, 1995). São eles:

- **Envolvimento dos funcionários**

Todos os componentes da organização precisam ser conscientizados para a qualidade. Para concretizar mudanças organizacionais é necessário estimular mudanças comportamentais. É preciso que haja “internalização da necessidade de mudar”. Isso não se garante apenas com seminários, palestras ou cartazes. O apoio coletivo dos empregados se garante através da percepção, que eles têm, da seriedade e do compromisso da alta direção com as metas de qualidade.

Os altos dirigentes devem dar o exemplo e devem se sentir responsáveis pela existência dos problemas. É a alta direção que deve definir objetivos e formatos dos planos de gerenciamento da qualidade. Para sensibilizar funcionários, a alta administração deve transmitir a idéia de que a mudança segue uma metodologia, busca objetivos de aperfeiçoamento e traz resultados.

- **Treinamento**

É uma área considerada das mais críticas para a implantação de programas da qualidade. O tipo, a quantidade e o conteúdo do treinamento tem impacto direto na motivação dos funcionários e na capacidade de aperfeiçoar a qualidade no âmbito do seu trabalho. Isso significa levar o empregado a trabalhar não só conhecimentos, mas valores, papéis, expectativas, auto estima e responsabilidades. Fazer o empregado “querer fazer melhor”, pela convicção pessoal de que é força importante na construção do processo e que por isso tem compromisso com a qualidade.

A seguir, são apresentadas algumas dessas técnicas de gerenciamento da qualidade, criando uma base conceitual para o enriquecimento das discussões da pesquisa de campo realizada.

4.2.1 CEP

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma das mais poderosas metodologias desenvolvidas visando auxiliar no controle eficaz da qualidade. Segundo SHEWHART (1989), a carta de controle, ferramenta básica do CEP, foi resultado do trabalho nos Laboratórios Bell, na década de 20. O CEP tem sido utilizado algumas vezes extensivamente, como durante a segunda guerra mundial, e outras vezes apenas de forma esporádica pela indústria. Foi somente com o surgimento do Japão como nação líder em qualidade, que o

mundo despertou para a importância da obtenção de produtos através de processos estatisticamente estáveis e capazes de atender plenamente as necessidades dos clientes (TAGUCHI, 1986).

No Brasil, o CEP vem sendo implantado em um número cada vez maior de empresas, seja por exigência de algum grande cliente, tal como é o caso das montadoras, seja pela sua eficácia na melhoria da produtividade das operações. Contudo, há muito ainda por fazer, pois a potencialidade do CEP ainda não foi totalmente explorada.

Em termos simples, o CEP prega o controle da qualidade conduzido simultaneamente com a manufatura (controle do processo), ao invés da inspeção após a produção, em que se separa os produtos bons daqueles que são defeituosos (controle do produto). Seu enfoque está na prevenção de defeitos ou erros. É muito mais fácil e barato fazer certo na primeira vez, do que depender de seleção e retrabalho de itens que não sejam perfeitos. Conseqüentemente, quando do surgimento de problemas, a ação deve ser no processo (causa) que gerou o defeito, e não no produto (efeito) em si. Para DEMING, “não se melhora a qualidade através da inspeção, ela já vem com o produto quando esse deixa a máquina e, portanto, antes de inspecioná-lo” (RAMOS, 1995).

Qualquer processo apresenta variabilidade, isto é um fato da natureza. A variação nas características da qualidade existe em função das diferenças ou inconsistências entre operários, lotes de matéria-prima, equipamentos, instrumentos de medição, etc. Entretanto, as causas de variação podem ser divididas em causas comuns e especiais.

Um processo é dito sob controle ou estatisticamente estável quando somente causas comuns estiverem presentes. Porém, esta não é a condição normal de qualquer processo ou, em outras palavras, deve-se sempre esperar a presença de causas especiais de variação atuando.

Diversas são as vantagens da aplicação do CEP nas operações de uma empresa. Segundo RAMOS (1995), as mais importantes são:

- determinar o tipo de ação requerida (local ou no sistema) e, conseqüentemente, estabelecer a responsabilidade pela sua adoção (operação ou administração);
- reduzir a variabilidade das características críticas dos produtos, de forma a se obter uma maior uniformidade e segurança dos itens produzidos;
- permitir a determinação da real viabilidade de atender às especificações do produto ou necessidades dos clientes, em condições normais de operação;
- implantar soluções técnicas e administrativas que permitam a melhoria da qualidade

- e, principalmente, o aumento da produtividade;
- possibilitar o controle das causas dos problemas ao invés de seus efeitos, de modo a erradicá-los definitivamente do sistema de trabalho.

As principais ferramentas utilizadas no controle estatístico do processo são (RAMOS, 1995):

- **Cartas de Controle**

As cartas (gráficos) de controle são, sem dúvida, as mais importantes e possuem três objetivos básicos:

- verificar se o processo estudado é estatisticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação;
- verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre ele;
- permitir o aprimoramento contínuo do processo, mediante a redução de sua variabilidade.

- **Histograma**

Há várias maneiras de mostrar graficamente a distribuição de frequência de um conjunto de dados agrupados. A mais popular é o histograma, que é de fácil construção e interpretação, e permite verificar facilmente a forma da distribuição, a média e a dispersão dos dados.

- **Diagrama de Causa e Efeito (ISHIKAWA, 1985)**

O diagrama de causa e efeito é uma figura composta de linhas e símbolos, representando uma relação significativa entre um efeito e suas possíveis causas. Permite descrever situações complexas, muito difíceis de serem descritas e interpretadas somente por palavras.

Existem, provavelmente, várias categorias de causas principais. Frequentemente, estas recaem sobre um dos seguintes fatores: Mão-de-Obra, Máquinas, Métodos, Materiais, Meio Ambiente e Meio de Medição (conhecidas como os 6 M's).

- **Diagrama de Pareto**

Pareto foi um economista que, ao estudar a distribuição da riqueza em sua época, verificou que “poucas pessoas possuíam uma grande porcentagem do total e muitas, uma pequena parte”.

As coisas mais importantes, em primeiro lugar, é um princípio básico do diagrama de Pareto. Ele é usado quando é preciso dar atenção aos problemas de uma maneira sistemática e

também, quando se tem um grande número de problemas e recursos limitados para resolvê-los. O diagrama construído corretamente indica as áreas mais problemáticas, seguindo uma ordem de prioridade.

- **Gráfico Linear**

O gráfico linear é uma apresentação dos dados, na ordem em que estes foram obtidos. Assim, é possível verificar se há presença de alguma tendência ao longo do tempo.

- **Diagrama de Dispersão**

Quando duas (ou mais) variáveis apresentam uma tendência de variação conjunta, ou seja, quando o valor de uma se altera, o da outra também se altera, diz-se que estas estão correlacionadas (CONTADOR, et al, 1997).

4.2.2 FMEA

FMEA significa Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (*Failure Mode Effects Analysis*). Essa metodologia foi inicialmente desenvolvida nos anos 60 pela NASA e mais tarde, na década de 70, foi aplicada na indústria aeronáutica e nuclear. Nos anos 80 passou a ser muito usada na indústria automobilística, estendendo-se para seus fornecedores na indústria de autopeças (MIGUEL, 1998).

FMEA é um método analítico para identificar de forma sistemática falhas em potencial, de maneira a eliminá-las ou reduzir sua ocorrência. Existem basicamente dois tipos de FMEA, que dependem do objeto de análise: FMEA de produto e FMEA de processo. Ambos podem ser usados tanto para produtos ou processos novos quanto aqueles já implantado e em andamento. Existe ainda uma terceira classificação que refere-se ao FMEA para sistemas, sendo mais complexo. Esse terceiro tipo pode ser usado, por exemplo, para análise das falhas em um modelo de automóvel, envolvendo todos os componentes do produto e também processos.

O conceito de risco é usado para avaliar e definir os mecanismos para eliminar as falhas. Na realidade, o fator de risco é calculado como função das conseqüências das falhas em potencial (gravidade) e probabilidade delas acontecerem (ocorrência), além da probabilidade de serem detectadas. Existem, portanto, índices de ocorrência, gravidade e detecção, que são usados para análise de cada falha. Como o desenvolvimento do FMEA é formalmente documentado, ele permite:

- padronizar procedimentos. Os resultados são registrados em um formulário

padronizado. Um exemplo é mostrado na Figura 4.4;

- fazer um registro histórico de análise de falhas, que posteriormente poderá ser utilizado em outras revisões de produtos ou processos, e no encaminhamento de ações corretivas em produtos similares. Uma vez completado, a análise de um produto ou processo usando FMEA fica como referência para análises futuras de outros produtos ou processos similares, permitindo uma diminuição dos custos do trabalho;
- selecionar e priorizar projetos de melhoria (modificações de projeto) que deverão ser conduzidas.

FMEA		<input type="checkbox"/> Projeto de Produto		<input type="checkbox"/> Processo					
		<input type="checkbox"/> Revisão de Projeto de Produto		<input type="checkbox"/> Revisão de Processo					
Cliente		Aplicação							
Data ult. rev. __/__/__		Produto/Processo							
Fornecedor			Áreas envolvidas						
ITEM	NOME DO COMPONENTE OU PROCESSO	Data elaboração __/__/__			ATUAL				
		FALHAS POSSÍVEIS			ÍNDICES				
		MODO	EFEITO(S)	CAUSA(S)	CONTROLES	O	G	D	R

Figura 4.4 – Exemplo de um Formulário FMEA

O processo de elaboração de um FMEA envolve as seguintes sete etapas:

- (1ª) Definição da equipe responsável pela execução;
- (2ª) Definição dos itens que serão considerados;
- (3ª) Coleta de dados;
- (4ª) Identificação dos modos de falhas e seus efeitos;
- (5ª) Identificação das causas;
- (6ª) Identificação dos modos de detecção;
- (7ª) Determinação dos índices críticos das falhas.

Para cada falha identificada deve ser determinado os índices (ver Figura 4.4) de Ocorrência (“O”), Gravidade (“G”), Detecção (“D”) e Risco (“R”) (MIGUEL, 1998).

Finalmente, calcula-se o índice de risco para cada falha levantada. Esse índice é calculado pelo produto dos três índices anteriores: ($R = O \times G \times D$).

4.2.3 QFD

QFD significa Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*), essa metodologia foi aplicada originalmente no Japão (pelos estaleiros Kobe-Mitsubishi) em 1972 e posteriormente, nos anos 80, introduzida em empresas ocidentais como na Xerox e na indústria automobilística norte americana (GUIMARÃES, 1994).

Conforme AKAO (1990), “QFD é a conversão dos requisitos do consumidor em características do produto e o desenvolvimento da qualidade de projeto para o produto acabado através de desdobramentos sistemáticos das relações entre os requisitos do consumidor e as características do produto. Esses desdobramentos iniciam-se com cada mecanismo e se estendem para cada componente ou processo. A qualidade global do produto será formada através desta rede de relações”.

O QFD é uma metodologia que tem por objetivo gerenciar o processo de desenvolvimento, de modo a manter o foco sempre voltado para o atendimento das necessidades dos clientes. Esse gerenciamento é feito através da identificação e desdobramento das variáveis que compõem o desenvolvimento do produto, através de tabelas, matrizes e procedimentos de extração, relação e conversão (CHENG et al, 1995).

Segundo GUIMARÃES (1994), os objetivos básicos da metodologia QFD são:

- priorização das características que interessam ao consumidor, buscando atingir este objetivo através de dois tipos de abordagem:
 - abordagem externa: através da pesquisa de mercado, entrevistas, análise de produtos concorrentes, etc., visando captar os dados e sua importância relativa;
 - abordagem interna: equipes interdisciplinares analisam o dado coletado de forma a apreciá-lo segundo os conhecimentos existentes na própria empresa.
- encurtamento do tempo de desenvolvimento do produto;
- favorecimento do trabalho em grupo;
- obtenção de um banco de dados conciso e completo;
- redução dos custos de fabricação;
- melhoria da eficiência e eficácia do ciclo de desenvolvimento.

Segundo MIGUEL (1998), o processo de aplicação do QFD envolve as seguintes etapas:

(1) Definição do objetivo do QFD

O QFD pode ser usado para desenvolvimento de um novo produto, melhoria de produtos já em produção, ou ainda em correção de problemas detectados através de reclamações de clientes. Nessa etapa deve ser definido o que se pretende obter com o QFD, ou seja, em quais casos descritos anteriormente ele deverá ser aplicado, ou ainda para clientes internos ou externos ou voltada para o mercado nacional ou exportação.

(2) Definição da equipe multi-funcional

A equipe deve ser formada com membros de diversos setores da empresa, tais como marketing, vendas, engenharia de produto e processo, qualidade, compras e produção. Isso facilita com que cada participante, dentro de sua especialidade, possa contribuir com conhecimentos técnicos e experiência. Assim, permite-se que as decisões tomadas durante a realização dos trabalhos sejam resultado de um consenso entre os participantes, resultando em representatividade das áreas de atuação de cada membro do grupo.

(3) Obtenção das informações do cliente

Através da obtenção dessas informações se saberá qual é a “voz do cliente” para execução do QFD. Essas informações podem ser obtidas por meio de técnicas conhecidas, tais como pesquisas de mercado, levantamentos de marketing, ou mesmo atuação da engenharia de produto via contatos com clientes.

(4) Construção da “Casa da Qualidade”

A “Casa da Qualidade” (do inglês *House of Quality*) é uma matriz que relaciona os requisitos desejados pelo cliente (conhecidos como “o que”), com as características ou especificações de projeto, que sejam mensuráveis, necessárias para satisfazer os requisitos dos clientes (conhecidos como “como”). A partir das informações obtidas no item anterior, estas serão usadas para construir a casa da qualidade. A Figura 4.5 ilustra a casa da qualidade com suas respectivas partes. A primeira “dependência” da casa da qualidade, localizada à esquerda na Figura 4.5, contém a lista dos requisitos desejados pelos clientes, juntamente com uma pontuação da importância relativa entre cada uma delas, dadas pelo cliente. O “primeiro andar” da casa da qualidade contém a lista das características ou especificações de projeto necessários para atender os requisitos dos clientes. Cada “o que” (requisito do cliente) deve ser relacionado a pelo menos um “como” correspondente. O “andar térreo”, ou a parte central da casa da qualidade é formado por um grupo de células que indicam a correlação entre os

requisitos dos clientes com as respectivas especificações do projeto do produto. Nesse caso, são usados símbolos para ponderar essa correlação, por exemplo: forte, médio, moderado, fraco, e inexistente.

O “alicerce” da casa da qualidade é formado pelos valores-alvo, ou seja, pelas medidas “quanto” relativas às características de projeto (“como”), citados anteriormente. Esses valores são determinados pela equipe multi-funcional e devem ser preferencialmente mensuráveis de forma a verificar-se se os objetivos foram atingidos. O “telhado” da casa da qualidade, da mesma forma que o “térreo”, também é formado por um grupo de células utilizadas para indicar a correlação existente entre as especificações de projeto, no qual também são utilizados símbolos para indicar tal correlação (fortemente positiva, positiva, negativa, e fortemente negativa).

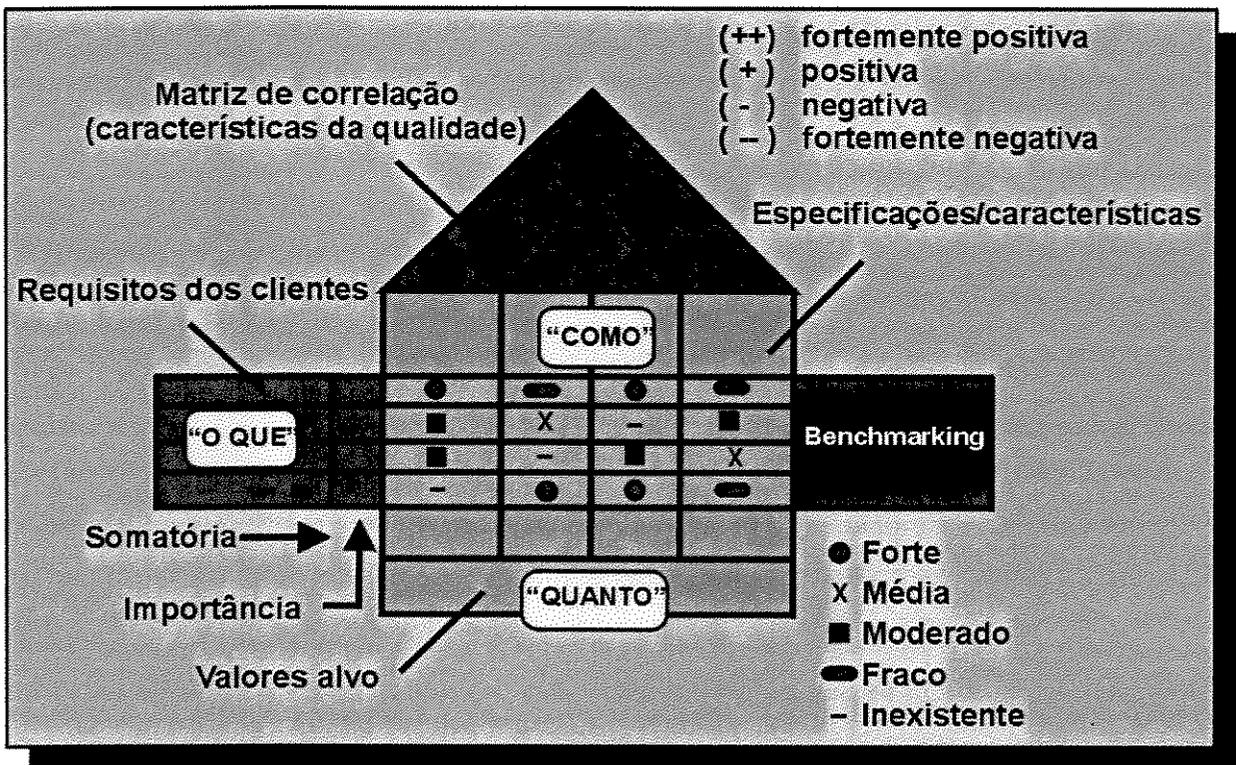


Figura 4.5 – Casa da Qualidade (MIGUEL, 1998)

(5) Desdobramento da Função Qualidade

A próxima fase é desdobrar as características de produto que estão atendendo as necessidades do cliente, em características de planejamento de processo e posteriormente em fatores de controle para planejamento da produção, chegando até nas estações de trabalho

individuais (máquinas ou bancadas de montagem ou inspeção). Então, aquilo que era “como” (característica do produto) no primeiro estágio passa a ser “o que” no estágio seguinte, e o “como” passa a ser características de processo e assim sucessivamente. Esse desdobramento é a essência do QFD como ferramenta de qualidade.

Dentre os benefícios provenientes do uso do QFD pode-se citar:

- maior satisfação dos clientes, devido ao fato de que suas necessidades, requisitos, e expectativas são de uma certa forma traduzidas como características do produto;
- menores alterações de projeto, pois concentra-se nas características relevantes do produto;
- redução do ciclo de desenvolvimento do produto, dado ao fato de que o produto que é lançado no mercado conta com características desejáveis, além do fato de concentrar-se naquilo que é importante. A aplicação do QFD encurta o desenvolvimento do produto da ordem de 30 a 50%, com conseqüente redução nos custos de engenharia, fabricação e pós-venda (MIGUEL, 1998).

4.2.4 Programa 5S (*Housekeeping*)

No Japão, até meados da década de 50, o que predominava nas empresas japonesas era a sujeira e a desordem. Esses aspectos não eram considerados pela alta administração que, pensando em produzir cada vez mais, relegavam a limpeza para um segundo plano sem contudo perceber os malefícios que estavam gerando.

Ainda por essa época, havia a presença, em território japonês, de tropas americanas com grande quantidade de equipamentos bélicos que estavam se deteriorando por falta de manutenção e/ou peças de reposição, uma vez que os japoneses não tinham domínio tecnológico para suprir essa demanda. Começa então a surgir no Japão, por iniciativa do governo japonês e americano, um movimento que tinha por objetivo reerguer a indústria japonesa (IMAI, 1992).

Várias ações foram tomadas nesse sentido, uma particularmente importante foi a visita de dois professores a algumas empresas americanas. O impacto gerado foi tamanho que, esses professores japoneses, ao regressarem ao Japão, formaram um grupo de estudo e desenvolveram um trabalho que visava a sensibilização de todos na empresa quanto aos aspectos da utilização (SEIRI) e arrumação (SEITON) das coisas, que culturalmente já eram de conhecimento do povo japonês, e um terceiro aspecto voltado à limpeza no ambiente de

trabalho, traduzido por SEISO. Como a tradução dos ideogramas começava com a letra “S”, esse trabalho ficou conhecido como “3S”.

Contudo, apenas o ambiente de trabalho era tratado pelos 3S’s. No início da década de 60, foi proposto por outros professores a criação de um quarto “S”, o SEIKETSU, que abordava a questão ambiente de trabalho com maior profundidade; considerando o relacionamento interpessoal e a saúde mental das pessoas. Posteriormente foi acrescentado o quinto e último “S”, o SHITSUKE, que trata de “manter sempre vivo” os 4S’s implantados.

Estava então concluída a criação da técnica do “5S”, uma das mais poderosas ferramentas da qualidade que trata de aspectos comportamentais complexos com relativa simplicidade, tornando-os acessíveis à todos. A versão ocidental do “5S” é conhecida como *Housekeeping*.

Em 1986 uma pequena alteração foi introduzida no terceiro “S” (SEISO), que passou também a incorporar ou ser entendido como inspeção, daí sua afinidade com o TPM (*Total Productive Maintenance*), ou seja, Manutenção Produtiva Total. Atualmente o “5S” é entendido como base de implantação da melhoria contínua (*Kaizen*). O principal objetivo do 5S é criar um ambiente digno de trabalho, no qual o Homem possa sentir-se bem nesse ambiente, consigo próprio e com aqueles que o rodeiam.

Tendo em vista a aplicação do 5S nas diversas atividades, outros objetivos também são atingidos, tais como redução do índice de acidentes, melhoria da qualidade, melhoria da produtividade, redução do tempo de parada de máquina, exercício da administração participativa e melhoria da moral dos empregados. Evidencia-se, portanto, que o 5S é a base de todos os outros programas das empresas que visam a Qualidade Total.

Intuitivamente as pessoas tendem a pensar que os programas de qualidade são aplicados apenas a áreas operativas, as quais normalmente são rotuladas de áreas produtivas. Porém, entende-se por área produtiva, aquela que produz algo e, portanto, independe de ser operativa ou administrativa. Na Tabela 4.2, são mostradas as diferenças e as semelhanças do 5S, entre as áreas Operativa e Administrativa (OSADA, 1992).

Tabela 4.2 – Diferenças e Semelhanças do 5S nas Áreas Operativa e Administrativa (OSADA, 1992)

5S \ ÁREA	OPERATIVA	ADMINISTRATIVA
SEIRI (utilização)	Identificação dos equipamentos necessários nas oficinas e postos de trabalho	Identificação dos dados e informações necessárias e desnecessárias para decisões
SEITON (arrumação)	Determinação de local específico ou <i>layout</i> para os equipamentos/materiais serem localizados e utilizados a qualquer momento	Determinação do local de arquivo para pesquisa e utilização de dados a qualquer momento. Deve-se estabelecer um prazo máximo de 5 minutos para se localizar um dado
SEISO (limpeza)	Eliminação de pó, sujeira e objetos desnecessários e manutenção da limpeza nos postos de trabalho	Sempre atualização e renovação de dados para ter decisões corretas
SEIKETSU (saúde/higiene)	Ações consistentes e repetitivas visando utilização, arrumação e limpeza, e ainda manutenção de boas condições sanitárias e sem qualquer poluição	Estabelecimento, preparação e implementação de informações e dados de fácil entendimento que serão muito úteis e práticos para decisões
SHITSUKE (disciplina)	Hábito para cumprimento de regras e procedimentos especificados pelo “cliente”	Hábito para cumprimento de procedimentos determinados pela empresa

4.2.5 TQC / TQM

TQC é uma sigla que significa Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control*). Define-se qualidade total como uma filosofia empresarial na qual a qualidade estimula ações baseadas na participação de todos os colaboradores com o objetivo de garantir lucratividade, plena satisfação dos clientes e benefícios para todos os membros da organização empresarial e sociedade em geral.

De acordo com MIRANDA (1995), para que uma empresa esteja de acordo com a filosofia da qualidade total é preciso que:

- os seus clientes estejam satisfeitos com os produtos e serviços que dela adquirem;
- os seus processos se caracterizem pela eficiência, racionalidade e economia;
- os seus colaboradores participem da instalação e aprimoramento da qualidade sob todos os aspectos;

- todos os membros da empresa tenham conhecimento da missão desta e se integrem ao seu cumprimento.

Para incentivar a busca pela qualidade total vários países criaram prêmios nacionais, como é o caso do Malcolm Baldrige National Quality Award, nos Estados Unidos e o prêmio Deming, no Japão. No Brasil existe o Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) que anualmente premia as empresas que atendem aos seus critérios de qualidade total. Esses prêmios podem ser comparados a uma “certificação” da qualidade total das empresas. O PNQ, por exemplo, estabelece categorias para a avaliação da qualidade total na empresa.

Segundo MIRANDA (1995), a gestão da qualidade total está “apoiada em sete pilares”. A seguir descreve-se a abrangência de cada um dos sete pilares:

- (1) **Orientação:** posicionamento estratégico formal da empresa, contendo o balizamento de sua visão de negócios, diretrizes permanentes e macro-objetivos;
- (2) **Informação:** sistema de captação de dados e processamento de informações, em todas as áreas, para alimentar o processo decisório e gerencial ao longo dos pilares que se seguem;
- (3) **Planejamento:** desdobramento da decisão e orientação estratégica em termos de objetivos operacionais, contendo a descrição dos caminhos, meios e prazos para seu atingimento, assim como orçamentos, instrumentos e procedimentos de controle pertinentes;
- (4) **Organização:** mobilização de recursos (naturais, humanos e físico-financeiros) para que o planejamento possa ser executado com máxima eficácia e eficiência;
- (5) **Comunicação:** troca de informações e coordenação interpessoal e interdepartamental para assegurar a fluência dos processos que envolvem a participação de diferentes departamentos e pessoas;
- (6) **Motivação:** provimento de ações adequadas à movimentação dos processos de conscientização, envolvimento e comprometimento requeridos em todos os níveis;
- (7) **Liderança:** acionamento, monitoração, controle de todos os processos desencadeados e promoção da capacitação contínua e progressiva de todas as pessoas envolvidas.

O TQM é uma sigla que significa *Total Quality Management* que tem sido traduzida para o português como Gestão da Qualidade Total. O TQM incorpora uma série de ações que uma empresa deve realizar para alcançar a melhor qualidade possível e diferenciar-se no mercado. Pode ainda ser definido como um sistema estruturado que visa satisfazer clientes

internos, externos e fornecedores “completa satisfação do cliente”, integrando o ambiente de melhoria contínua, através de ciclos de desenvolvimento, melhoria e manutenção, aliado a uma mudança na organização (FALCONI, 1989).

Alguns outros itens que são integrados ao TQM, segundo CORTADA & QUINTELLA, 1995):

- Cultivar um ambiente de trabalho auto-dirigido que trata os funcionários como recursos preciosos e colocar os clientes em primeiro lugar;
- Aplicar os princípios da TQM nos serviços fundamentais como administração, atendimento ao cliente e manutenção do produtos;
- Desempenho padrão para se igualar ou superar os resultados dos concorrentes e estabelecer metas mais agressivas para obtenção de lucros;
- Criar equipes altamente motivadas, auto-dirigidas, cujos membros são altamente receptivos às necessidades dos clientes internos e externos.

Para alguns autores, tais como ISHIKAWA (1985), DEMING (1986), FEIGENBAUM (1986), JURAN (1990) e outros, TQM é um conjunto dinâmico de atividades que tem por objetivo alcançar a “completa satisfação do cliente”, que é decorrente da qualidade total. Segundo CORTADA & QUINTELLA (1995), no conceito de TQM estão embutidas várias idéias apresentadas pelos “gurus” da qualidade:

- melhoras constantes;
- zero defeitos;
- fazer certo da primeira vez;
- os empregados próximos da situação sabem mais como melhorá-la;
- quanto mais cedo você encontrar um defeito, menor será o custo da correção;
- trate a etapa seguinte do processo como seu cliente;
- a participação de todos é fundamental;
- nenhuma corrente é mais forte que o seu elo mais fraco.

Apesar de não haver um consenso sobre o significado dos famosos 14 pontos de DEMING (1986), tentativas têm sido realizadas no sentido de determinar a amplitude de cada um dos pontos e como eles formam os princípios da Gestão para a Qualidade Total.

Segundo PHILIP CROSBY (1995), esses 14 passos da melhoria da qualidade não terminam nunca. O processo é semelhante à vida familiar, é preciso compreendê-lo e mantê-lo com ações preventivas em vez de procurar novas fórmulas. Esses 14 passos são:

(1) Compromisso do gerenciamento: é a boa vontade dos líderes em abrir mão do que

gostam para melhorar a vida dos outros;

- (2) **Equipe de melhoria da qualidade:** é a encarregada de coordenar e supervisionar a reforma e recuperação da organização;
- (3) **Medição da qualidade:** é a avaliação da operação dos vários “sistemas de apoio e processos” quanto à busca dos resultados;
- (4) **Preço da não-conformidade:** revela o custo e a inconveniência de se fazer as coisas de maneira diferente da planejada;
- (5) **Consciência da qualidade:** é o dever de todos de se comunicar continuamente para que saibam que estão no mesmo caminho;
- (6) **Ação corretiva:** é a identificação, correção e prevenção dos problemas que impedem o bom andamento dos negócios;
- (7) **Planejamento do “zero defeitos”:** é a preparação para o período inicial da adoção do novo padrão de desempenho;
- (8) **Educação:** é o treinamento do empregado para a compreensão e implementação da qualidade, com linguagem cotidiana;
- (9) **Dia do “zero defeitos”:** é o início do processo de qualidade, o dia em que todos celebram seu compromisso com a qualidade;
- (10) **Definição dos objetivos:** é a descrição das funções específicas que cada um vai desempenhar na organização;
- (11) **Eliminação das causas dos erros:** é o sistema de identificação e remoção dos obstáculos para alcançar o padrão;
- (12) **Reconhecimento:** significa demonstrar a gratidão, dizer “obrigado”;
- (13) **Conselhos da qualidade:** são os encontros daqueles que são responsáveis pela boa saúde da organização;
- (14) **Faça tudo de novo:** Usar o exemplo como a única forma de influenciar os outros.

4.2.6 ISO 9000 / QS 9000

ISO é uma palavra de origem grega que significa igualdade (padrão) e coincidentemente esta sigla representa a Organização Internacional de Normalização (*International Standardization Organization*), da qual fazem parte as entidades de normalização de diversos países do mundo. A utilização de normas nas empresas começou a ter destaque por volta de 1798, quando o governo americano encomendou uma grande

quantidade de armas. A padronização das peças passou a ser fundamental, já que as peças produzidas em diferentes localidades passaram a ser reunidas na linha de montagem de outra fábrica, ou seja, a produção das peças precisava seguir rigorosas especificações. A partir daí, começou a surgir a necessidade de se elaborar normas para garantir a qualidade dos produtos. Nessa época, um grande número de normas relacionadas à garantia da qualidade começou a surgir (ABNT, 1998).

Num passado recente, as empresas, para atender aos diversos clientes, acabavam precisando atender a várias normas simultaneamente, pois cada cliente exigia uma determinada norma, e muitas vezes a sua própria norma (como nos casos de grandes empresas como GM, VW, Ford, Petrobrás, etc.). Isso gerava custos adicionais, que eram repassados para o mercado.

Em 1987 foram lançadas as normas da série ISO 9000, com o objetivo de evitar a multi-avaliação das empresas uniformizando os critérios para avaliação de sistemas da qualidade. Por um lado as empresas podem passar a “atender” apenas uma norma, e por outro, os próprios clientes podem deixar de ter um departamento para avaliar seus fornecedores.

O Brasil participa da ISO através da ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, cujo objetivo é estabelecer normas técnicas para o país. As normas da série ISO 9000 lançadas em 1987 são formadas por:

- ISO 9000 – Diretrizes para seleção e uso: contém orientações, recomendações, diretrizes para a melhor escolha e uso das normas em cada empresa;
- ISO 9001 – Projetos, desenvolvimento, produção, instalação e assistência técnica: modelo mais abrangente para o sistema da qualidade da empresa envolvendo desde o desenvolvimento do produto, passando pelas fases de produção, instalação e assistência técnica nos serviços de pós-venda;
- ISO 9002 – Produção e instalação: modelo para garantia da qualidade nas fases de produção e instalação;
- ISO 9003 – Inspeção e ensaios finais: modelo mais restrito visando a garantia da qualidade somente nas fases de inspeção e ensaios finais;
- ISO 9004 – Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade: como deve ser a gestão da qualidade na empresa e funciona como uma espécie de guia geral da qualidade para todas as organizações.

As normas ISO 9000/9004 servem apenas como guia para as empresas e auditorias

(internas e externas) verificar se a empresa atende aos requisitos nas normas ISO 9001/ 9002/ 9003.

É crescente o número de certificações no mundo e, principalmente, no Brasil, conforme mostra a Figura 4.6. É inegável, portanto, o objetivo das empresas na busca de um sistema que garanta a qualidade de seus produtos ou serviços.

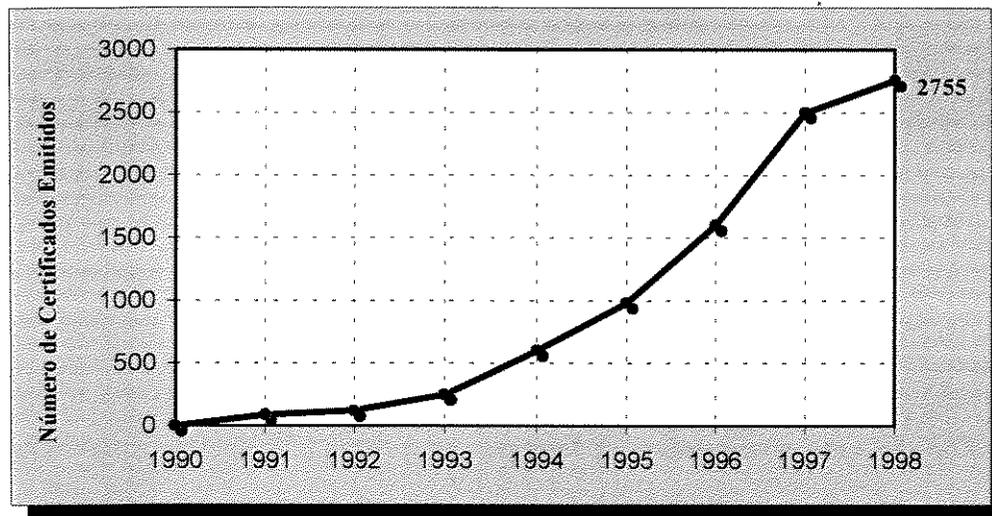


Figura 4.6 – Evolução do Número de Certificações ISO 9000 no Brasil (até março de 1998, conforme o CB-25 – Comitê Brasileiro da Qualidade da ABNT)

Entretanto, é importante ressaltar que somente a certificação não garante a qualidade dos produtos ou serviços, e mais ainda, não faz também com que a qualidade seja aquela requerida pelos clientes (MIGUEL, 1998).

Devido à forte concorrência de veículos estrangeiros no mercado norte americano na década de 80, principalmente os japoneses, os três grandes fabricantes de automóveis americanos, Chrysler, Ford e General Motors (e posteriormente os fabricantes de caminhões), decidiram adotar conjuntamente uma estratégia para reduzir os custos de fabricação de seus veículos, aumentar a confiabilidade e qualidade destes veículos, neutralizando assim a crescente concorrência externa. Um dos principais desafios era o desenvolvimento de fornecedores confiáveis. Requisitos como prazo, qualidade e preço eram fundamentais para que estes fornecedores fossem capazes de acompanhar os três grandes nesta estratégia.

A partir da norma ISO 9001, utilizada como modelo básico, foi desenvolvida, pelas três grandes montadoras automobilísticas norte-americanas, a norma setorial *Quality System Requirements* – QS 9000, na qual as três empresas definem uma interpretação comum para os requisitos da ISO 9001, bem como apresentam mais três requisitos setoriais comuns para as

três não existentes na série ISO 9000.

A QS 9000, ao contrário da ISO 9001, é um documento determinista, isto é, enquanto a ISO 9001 apresenta requisitos para sistemas da qualidade de um modo genérico, o que permite a sua utilização pelos mais diversos ramos de atividades, a QS 9000 determina o modo como a maior parte dos requisitos devem ser cumpridos. Além disso, a QS 9000 define claramente sua aplicação apenas para: “fornecedores diretos, internos ou externos da Chrysler, Ford e General Motors de materiais produtivos; peças de produção, reposição, tratamento térmico, galvanoplastia, pintura e outros serviços de acabamento”.

A norma QS 9000 é um manual que apresenta não somente os requisitos para o sistema da qualidade, como também, outras informações complementares importantes para o desenvolvimento e implementação deste sistema.

A estrutura básica do manual da QS 9000, segue três seções:

- **Seção I**, na qual são apresentados os requisitos baseados na ISO 9000;
- **Seção II**, na qual são apresentados os requisitos específicos do setor automotivo, comuns às três montadoras como o Processo de Aprovação de Peças de Produção, Melhoria Contínua e Capacidade de Fabricação;
- **Seção III**, na qual estão os requisitos específicos de cada uma das três montadoras, bem como as datas limite para a certificação dos Sistemas da Qualidade para cada uma delas.

Os requisitos da QS 9000 não são objetos da auditoria de terceira parte (certificação). Fica a critério de cada uma delas a aplicação ou não do seu requisito específico para os seus fornecedores, bem como o direito e a obrigação de evidenciar a efetiva implementação do mesmo por parte do fornecedor. Compete a cada montadora avaliar o cumprimento do seu próprio requisito específico (BARELLA, 1997).

Capítulo 5

Tecnologias de Produção e Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade na Indústria Metal-mecânica: uma pesquisa de campo

5.1 Considerações Iniciais

A indústria metal-mecânica, principalmente de fabricação sob encomenda, deve a maior parte de seu crescimento à intervenção do Estado na economia. Nos últimos 40 anos, grande parte das encomendas colocadas na indústria de bens de capital se devia a políticas governamentais de desenvolvimento. Desde o modelo desenvolvimentista de Getúlio Vargas, passando pelo modelo de substituição de importação em período mais recente, o governo elegia setores que deveriam responder ao impulso de desenvolvimento, fornecendo recursos e garantindo a infra-estrutura necessária.

A demanda era garantida pelo fluxo de encomendas originárias de decisões advindas do âmbito governamental. A parceria criada entre o estado provedor de recursos e a iniciativa privada dinamizadora do processo, não era sustentada por um crescimento proporcional do mercado privado. Segundo MANTEGA (1990), criou-se a “demanda autônoma”, na qual a indústria orientava suas encomendas para programas de governo. O mercado privado, por outro lado, era limitado pela ocorrência de um desemprego latente e pela concentração de renda. A permanência desses dois problemas estruturais impediam o crescimento harmonioso da capacidade de compra da população, que viria a estimular a expansão do parque industrial.

O Estado, enquanto garantia a demanda, terminava por encobrir a ineficiência da indústria em expansão. Os mecanismos de reserva de mercado criados, em sua origem fiscal de restrição à importação, ou mesmo pela parte legal de garantias de fornecimento pela indústria nacional, estimularam o surgimento de oligopólios e de cartelização, que em nada favorecia o ganho de produtividade e qualidade.

A partir da década de 80, o governo federal passou a encontrar dificuldade na captação de poupança e na rolagem da dívida pública, o que foi acompanhado por um déficit crônico do orçamento. Para equilibrar suas contas, o governo inicia uma política de progressivo desinvestimento no setor estatal, redução dos programas de aparelhamento da infra-estrutura e diminuição de recursos nas linhas de crédito para expansão da atividade industrial privada.

Na década de 90, foram mantidas as condições de desinvestimento e contração da demanda. Houve uma sensível piora do ambiente industrial, notadamente no setor de fabricação sob encomenda, quando o governo fez a abertura do mercado à competição mundial (COSENZA & BORGES, 1995).

Segundo LEITE (1998), em seis anos as vendas estagnaram e o setor perdeu aproximadamente 1.300 empresas e 64 mil empregos. As compras feitas no exterior triplicaram entre 1992 e 1998, saltando de US\$ 2,6 bilhões para US\$ 8,9 bilhões.

5.1.1 O Interior Paulista

Nos últimos anos, a alta concentração industrial e econômica na grande São Paulo, dentre outras causas, levou várias empresas a iniciarem um movimento de migração para o interior, instalando suas unidades em regiões que se transformaram, com o tempo, em “verdadeiras ilhas de prosperidade”. Pode-se citar por exemplo a indústria aeronáutica de São José dos Campos, da produção de açúcar e álcool e das indústrias metal-mecânicas do setor de bens de capital sob encomenda de Piracicaba. Ou ainda citar a indústria metal-mecânica de Sorocaba e o importante pólo tecnológico que é Campinas, a qual a partir de 1992, consolidou sua posição de principal pólo de tecnologia do país.

O interior paulista igualmente também continua atraindo investimentos, principalmente porque suas cidades oferecem uma combinação de qualidade de vida, infra-estrutura e mão-de-obra especializada. Segundo dados da Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, de 1995 até junho de 1998, foram investidos aproximadamente US\$ 26 bilhões em mais de 441 empreendimentos privados novos e na expansão dos existentes em todo o Estado, boa parte deles no interior, conforme mostra a Tabela 5.1. Esses investimentos em atividades (que vão de montadoras de automóveis a empresas de tecnologia de ponta, passando pela área de lazer e prestação de serviços), representam a geração de cerca de 700 mil novos postos de trabalho, sendo 175

mil diretos e 575 mil indiretos. Um dos principais investimentos é a Hidrovia Tietê-Paraná, que atravessa boa parte do Estado de São Paulo, interligando as regiões de Sorocaba, Campinas e Piracicaba com o centro-oeste paulista, o sul de Goiás, o Triângulo Mineiro, o leste do Mato Grosso do Sul, o oeste do Paraná e o Paraguai num total de 2.400 quilômetros. Construída e implementada pela Companhia Energética de São Paulo – CESP, a hidrovia já recebeu investimentos atualizados da ordem de US\$ 1,5 bilhão. (CALZA, 1998).

Tabela 5.1 – Investimentos confirmados para o Estado de São Paulo

INVESTIMENTOS CONFIRMADOS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO		
No período de 1995 a junho de 1998		
Distribuição no Estado	Milhões R\$	Participação
Campinas	7.633,04	29,36%
São José dos Campos	6.067,58	23,10%
Grande São Paulo e ABC	5.334,01	20,00%
Todo o Estado (serviços, redes de varejo)	3.553,70	13,53%
Santos	926,00	3,52%
Sorocaba	833,53	3,17%
Piracicaba	512,21	1,95%
Bauru	451,54	1,72%
Araraquara	315,00	1,20%
Itapeva	250,50	0,95%
São José do Rio Preto, Araçatuba, Franca, Marília e Registro	226,25	0,87%
Ribeirão Preto	166,54	0,63%
Total de Investimentos	26.269,90	100%

Fonte: Você Sabia?, publicação da Secretaria do Governo e Gestão Estratégica do Gabinete do Governador do Estado de São Paulo, apud (CALZA (1998).

Sendo assim optou-se pela região de Piracicaba para realizar essa pesquisa, por sua importância já mencionada e por afinidade com a região e sua indústria metal-mecânica.

5.1.2 A Região de Piracicaba

Conforme já relatado, a pesquisa de campo foi realizada na região de Piracicaba. Historicamente, o município de Piracicaba ficou à margem dos principais eixos rodoviários

do Estado, o que de certa forma tolheu o seu desenvolvimento, mas preservou a cultura e possibilitou a formação de uma cidade harmoniosa, bem planejada urbanisticamente e com um dos melhores índices de saneamento básico do Brasil.

Economicamente, o crescimento deu-se em função da agricultura. Depois, o setor canavieiro impulsionou o desenvolvimento agroindustrial: através dos engenhos instalados para moagem de cana, surgiu a produção industrial voltada à produção de equipamentos para usinas de açúcar e destilarias de álcool.

Na década de 50 o açúcar representava 52% da produção agrícola. Em 1970 a lavoura canavieira alcançava 39,6 mil hectares e, na década de 80, em função do Próalcool, também influiu de forma decisiva na indústria metalúrgica. Estima-se que 70% do equipamento fornecido a todo o Brasil para a produção de álcool combustível, tenha sido fornecido pela indústria local.

A partir dos anos 70, com a instalação do distrito industrial, ocorreu a diversificação do parque industrial, com reflexos econômicos e sociais que passaram a direcionar os rumos do desenvolvimento, inclusive urbanísticos, que adotou a verticalização das construções e nova configuração da rede urbana.

A década de 90 colocou Piracicaba na liderança da economia de uma vasta região, com o projeto de navegabilidade do rio e sua integração à Hidrovia Tietê-Paraná, construção do porto de Ártemis e inserção do município nos principais eixos rodoviários do Estado: além de conquistar o principal porto da hidrovia, conectado com as rodovias Bandeirantes, Anhanguera, Dom Pedro I e Castelo Branco, Piracicaba sediará o Projeto do Vale do Piracicaba e será o principal pólo de ligação da região mais industrializada do Estado e do porto de Santos com o Mercosul.

Segundo a Comissão Municipal de Eventos Cívicos (em Agosto de 1997), além de se constituir em meio de transporte econômico de carga e passageiros, a hidrovia representa um importante corredor turístico de integração sul-americana, abrangendo seis dos mais ricos estados brasileiros, onde estão concentrados 65% do produto interno bruto nacional, 44% do turismo doméstico e 45% da rede de hotelaria do Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai. Os países que compõem o Mercosul, são responsáveis por 42% das entradas de turistas no Brasil, sendo que 32% deste percentual têm acesso pelos estados cortados pela hidrovia.

A cidade é dotada de um aeroporto com sistema de balizamento noturno e farol rotativo, que garantem o seu funcionamento 24h/dia. A pista, totalmente asfaltada e com dimensões de 1.200 m de comprimento por 30 m de largura, permite o trânsito de aeronaves

de pequeno e médio porte.

O dinamismo da Piracicaba de hoje em dia transformou o município numa das maiores oportunidades para empresas interessadas em instalar no Estado de São Paulo suas unidades fabris. Município com aproximadamente 400 mil habitantes, além de estar classificado entre os melhores do Estado em padrão e qualidade de vida, é um dos maiores em área territorial com 1.312,30 km², além de possuir disponibilidade e diversidade de mão-de-obra qualificada.

Piracicaba também conta com instituições de ensino superior reconhecidas nacional e internacionalmente, formando profissionais e mão-de-obra especializada para o mercado de trabalho. O número e o nível das universidades, faculdades e dos estabelecimentos de ensino médio de formação técnica e profissionalizante deram respeitabilidade ao município, além do cognome de “Atenas Paulista”. Isto evidencia o elevado índice cultural de uma população que mantém vivas as tradições e, ao mesmo tempo, está aberta ao novo, à modernização das suas estruturas produtivas e sociais.

Paralelamente à hidrovia, a reformulação do sistema rodoviário deixa a cidade em condições estratégicas incontestáveis para o escoamento de produtos. Exemplo disso, é o prolongamento da Rodovia dos Bandeirantes, que levará um dos mais movimentados corredores de transporte do Estado, a uma distância pequena da cidade, a duplicação das rodovias de acesso ao município e a formação do sistema de interligação do futuro porto aos maiores centros produtivos e de consumo brasileiros e de países do Mercosul. A ligação direta, via ferrovia, com o porto de Santos, o principal do país, forma um formidável complexo de sistemas de interligação e diversificado de transporte. Piracicaba desfruta, outrossim, de outras excepcionais condições, como proximidade com a capital do Estado (aproximadamente 150 km) e a inclusão da rota do gasoduto Brasil-Bolívia, aumentando a disponibilidade energética.

O complexo industrial da região de Piracicaba, no qual inclui-se as cidades vizinhas, concentra-se uma população aproximada de 1,2 milhão de habitantes e é formada por mais de cinco mil indústrias, destacando-se entre as variadas atividades os setores metalúrgico, mecânico, têxtil, alimentício, petroquímico incluindo combustíveis (sucro-alcooleiro).

Além da disponibilidade da mão-de-obra com boa formação cultural e de níveis técnico e especializado o que garante trabalhadores qualificados e com capacidade de adaptação facilitada, outros aspectos positivos são a baixa rotatividade de emprego e a presença de atividades sindicais não radicalizadas. O nível salarial e de benefícios acompanham ou estão um pouco abaixo do padrão do mercado de trabalho da capital do Estado.

5.2 A pesquisa Realizada

5.2.1 Objetivo e Relevância da Pesquisa

Apesar de um rico material histórico e folclórico da cidade sobre a imigração italiana e o surgimento das primeiras “oficinas” das décadas iniciais do século, que originaram as empresas do parque industrial atual do município, há em Piracicaba, uma carência de informações e registros específicos sobre as indústrias, notadamente as do setor metal-mecânico. Não observou-se junto aos órgãos como CIESP/FIESP, SEBRAE, prefeitura e outros, informações e/ou registros sobre a evolução tecnológica e a utilização de técnicas e sistemas atuais de gestão da produção e da qualidade dessas empresas na região. Sendo assim, optou-se por realizar uma pesquisa de campo nas principais empresas metal-mecânica do município de Piracicaba.

A opção escolhida foi realizar uma pesquisa de caráter exploratório, ou seja, uma pesquisa sem os rigores e normas da ciência estatística, muito difíceis de serem implementadas em trabalhos desse tipo e com dados levantados “*in loco*”.

Dessa maneira pode-se então definir os objetivos principais da pesquisa realizada como sendo:

- mostrar o perfil das empresas e a relevância do setor metal-mecânico na região;
- verificar o nível de desenvolvimento tecnológico, das técnicas e sistemas atuais de gestão da produção e da qualidade utilizados nas empresas pesquisadas.

A pesquisa buscou, então, mostrar o perfil das empresas e a grande importância do setor metal-mecânico na região, bem como caracterizar as mudanças ocorridas, especialmente nos últimos anos, nessas empresas.

5.2.2 Metodologia utilizada na Pesquisa

O primeiro passo para a implementação da pesquisa constituiu-se na elaboração de um questionário, dividido em três partes, conforme abaixo:

- Dados Gerais da Empresa;
- Dados sobre as Tecnologias utilizadas na Empresa;
- Dados sobre os Sistemas de Gestão da Produção e da Qualidade utilizados na Empresa.

Estes dados quando levantados deveriam servir de base para que os objetivos da mesma fossem alcançados. Uma cópia desse questionário pode ser encontrada no Anexo I deste trabalho.

A coleta desses dados, tipicamente técnicos e gerenciais, exigiu que fossem levantados junto aos executivos e/ou responsáveis pela manufatura nas empresas ou, na impossibilidade desses, junto aos responsáveis pelas atividades de produção e da qualidade. Além disso, os dados deveriam ser levantados em visitas, entrevistas e acompanhamento “*in loco*” na produção e não através, apenas, do preenchimento do questionário por parte dos representantes das empresas, longe da presença do pesquisador.

Deve-se salientar também que a pesquisa foi oficializada junto ao Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - CIESP (regional de Piracicaba), a qual facilitou nos contatos. Foram agendadas antecipadamente, entrevistas, com os executivos e/ou proprietários das empresas no sentido de relatar-se sobre os benefícios da pesquisa, tanto para a região como para as próprias empresas pesquisadas. Somente após a autorização dos representantes das empresas, é que elaborou-se um cronograma de visitas e acompanhamento na produção (chão-de-fábrica), bem como dos eventuais retornos para esclarecimentos adicionais.

Gastou-se em média, duas semanas pesquisando cada empresa, totalizando mais de dez meses para as vinte empresas escolhidas (outubro de 1997 a agosto de 1998). Pelas características dos dados levantados, optou-se por não identificar as empresas visitadas, seguindo uma regra comum em regiões do mundo onde pesquisas desse tipo são mais comumente realizadas. Como exemplo de trabalho que seguem essa linha, pode-se citar os de WHITE (1993), HARRIS (1997), MARSH & MEREDITH (1998). No Brasil, trabalhos como os de FLEURY (1988), SEQUEIRA (1990), ALVES FILHO (1991) e PIRES (1994), também já haviam adotado essa mesma prática.

5.2.3 Definição das Empresas do Setor Metal-mecânico a serem pesquisadas em Piracicaba

Segundo pesquisa efetuada em 1996/97, pela Secretaria Municipal de Planejamento de Piracicaba, SEBRAE e a Confederação das Indústrias do Estado de São Paulo, o município de Piracicaba possuía 1.097 estabelecimentos industriais, empregando 27.613 funcionários. Esses números consideravam as indústrias da construção, indústrias extrativas, indústrias de

transformação e indústria de utilidade pública, classificando-as como microempresas (até 09 funcionários), pequenas empresas (10 a 99 funcionários), médias empresas (100 a 499 funcionários) e grandes empresas (500 e mais funcionários), conforme Tabela 5.2:

Tabela 5.2 – Estabelecimentos Industriais de Piracicaba – 1996/97

Número de Estabelecimentos	
Indústria da Construção	211
Indústria Extrativa	13
Indústria de Transformação	859
Indústria de Utilidade Pública	14
Total	1.097
Número de Estabelecimentos por Porte	
Microempresa (até 9 empregados)	831
Pequena Empresa (10 a 99 empregados)	213
Média Empresa (100 a 499 empregados)	43
Grande Empresa (500 e mais empregados)	14
Total	1.097
Número de Empregos Industriais	
Indústria da Construção	2.087
Indústria Extrativa	240
Indústria de Transformação	23.792
Indústria de Utilidade Pública	774
Total	27.613
Número de Empregados por Porte das Empresas	
Microempresa (até 9 empregados)	1.534
Pequena Empresa (10 a 99 empregados)	6.334
Média Empresa (100 a 499 empregados)	7.296
Grande Empresa (500 e mais empregados)	12.449
Total	27.613

(Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento, CIESP e SEBRAE)

Das 859 indústrias de transformação (envolvendo atividades industriais como

alimentos, aço e ferro, aguardente, álcool, caldeiraria, destilaria, equipamento hidráulico, material elétrico, estrutura metálica, fundição, laminação, laticínio, madeira, máquinas em geral, máquinas industriais, metais, metalúrgica, minerais, olaria, papel e papelão, siderúrgica, têxtil, turbinas, usinas e outras), aproximadamente 192 indústrias são do setor metal-mecânico. Essas indústrias foram classificadas segundo o porte (Tabelas 5.3 e 5.4) e selecionou-se as 20 principais empresas para a pesquisa de campo.

Tabela 5.3 - Classificação das empresas metal-mecânica pelo porte segundo o Faturamento Médio Anual.

Porte da Empresa	Faturamento Médio Anual (US\$ milhão)	Empresas da Região (Qtde)	Empresas Pesquisadas (Qtde)
Micro	Até 1,0	~ 130	0
Pequeno	de 1,0 até 5,0	42	02
Médio	de 5,0 até 50,0	15	14
Grande	Acima de 50,0	05	04

Fonte: FIESP/CIESP - (Anuário das Indústrias) 1996/97
 Prefeitura Municipal de Piracicaba (Cadastro Mobiliário) - 1998

Tabela 5.4 - Classificação das empresas metal-mecânica pelo porte segundo o Número de Empregados.

Porte da Empresa	Número de Empregados (Qtde)	Empresas da Região (Qtde)	Empresas Pesquisadas (Qtde)
Micro	Até 9	~ 130	0
Pequeno	de 10 a 99	43	02
Médio	de 100 a 499	14	14
Grande	500 ou mais	05	04

Fonte: FIESP/CIESP (Anuário das Indústrias) 1996/97
 Secretaria Municipal de Planejamento de Piracicaba - 1998

Observando as Tabelas 5.3 e 5.4, verifica-se uma diferença no número de empresas consideradas de pequeno porte de 42 para 43 e de médio porte de 15 para 14, isso ocorre porque a classificação dessas empresas do setor metal-mecânico segundo o faturamento

médio anual difere quando classificadas pelo número total de funcionários. Algumas delas ainda não otimizaram totalmente sua mão-de-obra, portanto ainda possuem um quadro de funcionários considerado grande em relação ao seu faturamento, como poderá observar-se nas Tabelas 5.6 e 5.7, nos dados gerais apresentados.

Essas 20 empresas foram escolhidas sobretudo em função de serem empresas representativas nos seus segmentos de atuação. Outrossim, sabia-se antecipadamente que a maioria delas vinham realizando significativas mudanças organizacionais e tecnológicas. A pesquisa pôde ser concretizada em 100% delas durante o período de outubro de 1997 a agosto de 1998, compreendendo 10 meses. Praticamente todos os dados e informações do questionário e extras, foram coletados "*in loco*" na produção (chão-de-fábrica), através de visitas e entrevistas junto aos responsáveis pela manufatura (diretores/gerentes), os quais, na maior parte eram funcionalmente responsáveis pela execução das atividades da Produção e da Qualidade.

A amostra pesquisada das 20 principais empresas, envolvendo quase todas grandes e médias do universo das empresas do setor na região, representa aproximadamente 80% do faturamento médio anual do setor e em número de empregados do setor metal-mecânico de Piracicaba. Isso torna a pesquisa bem representativa no setor e região escolhidos, conforme verifica-se nos dados levantados expostos a seguir no trabalho.

5.3 Dados Levantados

Os dados levantados foram divididos em seis etapas distintas conforme abaixo:

- Dados gerais das empresas;
- Dados sobre os sistemas produtivos utilizados;
- Dados sobre as tecnologias de produção utilizadas;
- Dados sobre investimentos, prioridades competitivas e informações adicionais;
- Dados sobre os sistemas de gestão utilizados na produção e na qualidade;
- Discussão final dos dados levantados.

5.3.1 Dados Gerais

As 20 empresas estudadas representam mais de 75% do número de empregados e faturamento médio anual do setor metal-mecânico da região. Desconsiderando-se as 130

micro empresas chega-se próximo de 80% do setor e se ainda considerar a quinta empresa de grande porte (siderúrgica), ultrapassar-se-á os 90% do setor metal-mecânico da região em faturamento.

É importante ressaltar que, apesar dessa quinta empresa de grande porte ser tradicional na região, optou-se por não incluí-la no conjunto das empresas pesquisadas porque trata-se de uma siderúrgica, cujo produto/negócio principal é o processamento do aço e ferro fundido. Dessa forma, essa empresa faz uso de processos produtivos e gerenciais majoritariamente distintos do conjunto das empresas pesquisadas, as quais têm como negócio principal a transformação do aço através de processos básicos do setor metal-mecânico, conforme Figura 3.15 citada no tópico 3.4.3.

A Figura 5.1, mostra que o setor metal-mecânico representa uma fatia de 22,35%, ou seja, 192 indústrias, do total de 859 indústrias de transformação do município de Piracicaba.

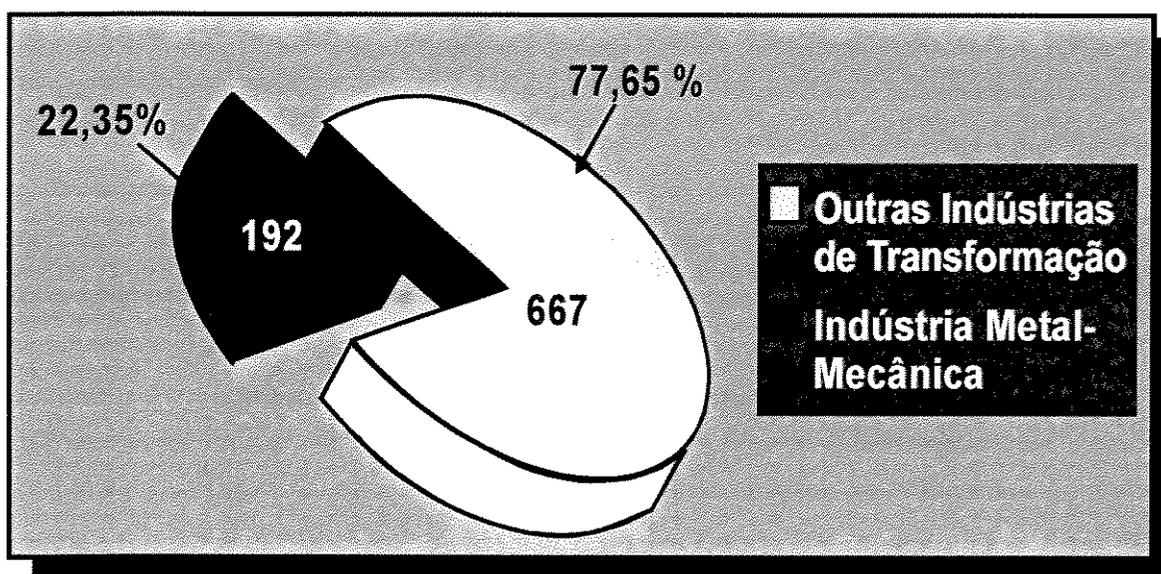


Figura 5.1 - Setor metal-mecânico em porcentagem das indústrias de transformação de Piracicaba (com base nos dados levantados).

A pesquisa é realizada numa amostragem representativa desta fatia, da indústria metal-mecânica de Piracicaba, conforme mostra a Tabela 5.5, em que desconsidera-se as microempresas e concentra-se nas grandes e médias empresas do setor.

Tabela 5.5 – Indústria Metal-mecânica de Piracicaba

Indústria Metal-mecânica de Piracicaba				
Porte das Empresas	Empresas Existentes	Empresas Pesquisadas	Número de Empregados	Faturamento Médio Anual (US\$ milhões)
Micro	~ 130	0	~ 500	~ 50,0
Pequeno	42	02	~ 2.000	~ 100,0
Médio	15	14	3.038	207,5
Grande	5	04	6.707	1.035,0
Total	192	20	12.245	1.392,5
Números da amostra pesquisada		20	9.251	1.065,5
Representatividade da pesquisa considerando-se as microempresas			75,55%	76,51%
Representatividade da pesquisa desconsiderando as microempresas			78,76%	79,36%
Representatividade da pesquisa desconsiderando as microempresas e considerando-se a 5ª grande empresa.			84,05%	92,43%

Esta representatividade da amostra estudada pode ser aumentada de 75% para aproximadamente 80% se desconsiderar-se as microempresas pouco significativas em termos de emprego e faturamento no setor. Quando considera-se os dados levantados referentes ao número de empregados e o faturamento médio anual coletados na quinta empresa de grande porte (siderúrgica), a representatividade aumenta consideravelmente.

A Figura 5.2 confirma a representatividade da amostra pesquisada quanto ao faturamento médio anual e número de empregos em relação à indústria metal-mecânica de Piracicaba. As empresas são colocadas por porte, isto é, micro, pequena, média e grande, baseadas na faixa de faturamento e mostradas em porcentagem do número de empresas, números de empregos e do faturamento médio anual. Observa-se que a amostra escolhida de 20 empresas engloba quase todo o faturamento e número de empregos do setor metal-mecânico de Piracicaba.

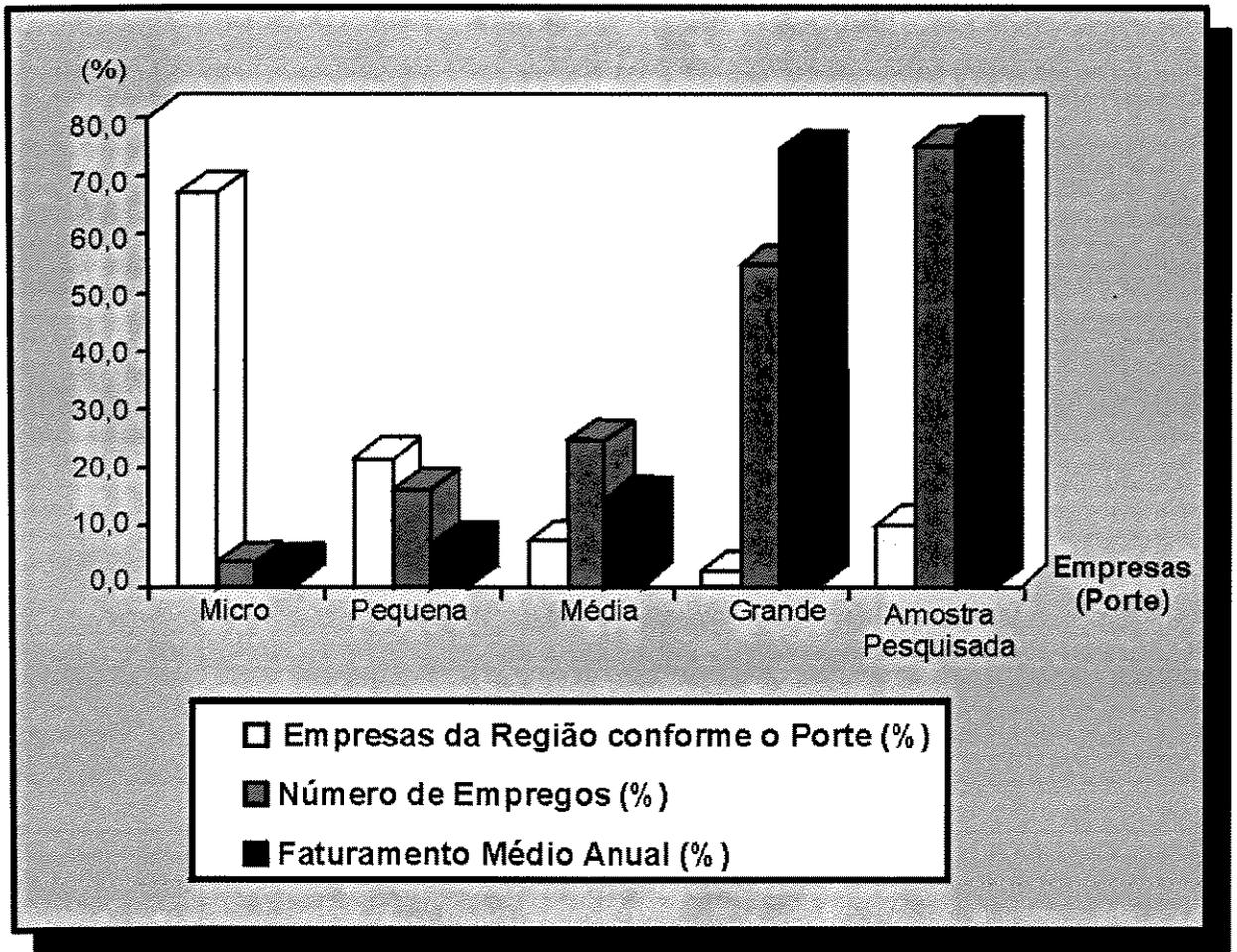


Figura 5.2 - Representatividade da Amostra Pesquisada

A Tabela 5.6 apresenta e classifica as empresas estudadas, segundo a ordem decrescente de faturamento médio anual dos valores do último exercício e o previsto para o período vigente. Essa classificação em faixas de faturamento se faz necessária e foi adotada devido à intenção já relatada de não se identificá-las.

Os números atribuídos para a identificação das empresas na Tabela 5.6, serão sempre os mesmos para todas as tabelas, figuras e análises daqui para frente, constando também o faturamento por funcionário por ano, assunto que é melhor analisado na Figura 5.4, mais adiante.

Tabela 5.6 - Apresentação das Empresas Pesquisadas

Empresa	Ramo de Atuação (Principais)	Capital			Faturamento/ Funcionário/ Ano (US\$ mil)	Faturamento Médio Anual (US\$ milhões)
		Tipo	(%)			
			Nacional	Interna- cional		
01	Maquinas de movimentação do solo - terraplenagem	Multinacional	01	99*	175,4	500,0
02	Componentes automotivos - autopeças	Multinacional	0	100*	188,9	160,0
03	Equipamentos para destilarias e cervejarias	Nacional	100	0	134,8	120,0
04	Equipamentos para usinas de açúcar e álcool e siderurgia	Nacional	100	0	53,3	80,0
05	Equipamentos para energia, usinas açúcar e álcool e indústria farmacêutica	Nacional	100	0	56,7	25,0
06	Equipamentos para usinas de açúcar e álcool e petroquímica	Nacional	100	0	60,0	24,0
07	Maquinas - geração de vapor e velocidade para usinas açúcar e álcool, indústria alimentícia e papel	Nacional	100	0	117,6	20,0
08	Máquinas agrícolas e acessórios	Multinacional	50	50**	105,2	20,0
09	Componentes para máquinas de movimentação e caldeiraria	Nacional	100	0	51,4	18,0
10	Componentes automotivos - autopeças	Multinacional	0	100***	77,2	18,0
11	Componentes automotivos - autopeças	Nacional	100	0	104,3	17,0
12	Equipamentos de movimentação e elevação de cargas	Nacional	100	0	148,1	12,0
13	Equipamentos hidráulicos	Nacional	100	0	71,4	10,0
14	Equipamentos para indústria de papel, mineração e sucroalcooleira	Nacional	100	0	34,5	9,0
15	Equipamentos para indústria química, alimentícia, petroquímica e papel	Nacional	100	0	53,3	8,0
16	Equipamentos hidráulicos	Nacional	100	0	61,9	6,5
17	Componentes automotivos - autopeças	Nacional	100	0	33,3	6,0
18	Componentes para usinas de açúcar e álcool e saneamento básico	Nacional	100	0	50,0	6,0
19	Equipamentos para usinas de açúcar e álcool em geral	Nacional	100	0	29,2	3,5
20	Máquinas - geração de vapor para usinas de açúcar e álcool e petroquímica	Nacional	100	0	41,6	2,5
TOTAL						1.065,5

Nota: origem: (*) EUA, (**) Austrália, (***) Alemanha

Os dados da Tabela 5.6, mostram especialmente que:

- quatro delas são empresas multinacionais e as 16 restantes são empresas de capital nacional;
- as quatro primeiras representam um faturamento médio anual de aproximadamente US\$ 860 milhões. Portanto, de acordo com a classificação adotada (acima de US\$ 50 milhões), representam as empresas de grande porte;
- as duas últimas empresas com faturamento médio anual de US\$ 3,5 milhões e US\$ 2,5 milhões, respectivamente, representam de acordo com a classificação adotada (de US\$ 1 milhão até US\$ 5 milhões) as empresas de pequeno porte;
- as quatorze demais empresas representam um faturamento médio anual de aproximadamente US\$ 279,5 milhões. E, segundo a classificação adotada (de US\$ 5 milhões até US\$ 50 milhões) são empresas de médio porte;
- a amplitude no tocante ao faturamento médio anual é grande, abrangendo empresas com porte e faturamento bem distintos;
- quanto ao ramo de atuação, tem-se:
 - uma empresa atuando no ramo de máquinas de movimentação do solo-terraplenagem;
 - uma empresa atuando no ramo de máquinas agrícolas e acessórios;
 - quatro empresas atuando no ramo de autopeças - componentes automotivos;
 - duas empresas atuando no ramo de equipamentos hidráulicos;
 - duas empresas atuando no ramo de máquinas e equipamentos de movimentação e elevação de cargas;
 - e as dez empresas restantes representando o setor de bens de capital, sob encomenda, com um mix muito diversificado, atuando principalmente no ramo de máquinas de geração de vapor, equipamentos para usinas de açúcar e álcool, indústria alimentícia, petroquímica, papel, química, siderúrgica e energia.
- as empresas do mesmo ramo de atuação, atuam predominantemente com produtos distintos que não concorrem entre si no mercado;
- as empresas de número 13 e 16 que concorrem diretamente, como por exemplo no ramo de equipamentos hidráulicos (cilindros), aumentaram seu mix de produtos e executam usinagem para terceiros.

Quando tomadas em conjunto, as empresas visitadas produzem um mix de produtos bem diversificados. Por isso, optou-se por informar somente os seus principais produtos, conforme mostra a Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Dados gerais sobre as empresas pesquisadas

Empresa	Principais Produtos	Mercado Consumidor (%)			Número Funcionários (Qtde)		
		Estado de São Paulo	Nacional	Internacional.	Diretos	Indiretos	Total
01	Moto-niveladora, escavadeira, moto-scraper, trator de esteira.	--	30	70	2180	670	2850
02	Bateria, injetora, conversor catalítico	--	70	30	--	--	847
03	Trocador de calor, reator, caldeira, estrutura metálica.	50	40	10	460	430	890
04	Moenda, engrenagem, redutor, vaso de pressão...	60	30	10	1050	450	1500
05	Alternador, gerador, ponte rolante, bomba, filtro.	60	30	10	209	232	441
06	Reservatório, secador, redutor, caldeira, evaporador...	50	35	15	280	120	400
07	Turbina a vapor, redutor de velocidade, compressor.	50	25	25	82	88	170
08	Colheitadeira de cana e café e acessórios	40	40	20	120	70	190
09	Base, carcaça, empilhadeira, componentes para trator	50	50	-	260	90	350
10	Termostato, atuador, termo-interruptor	-	50	50	150	83	233
11	Volante, cremalheira, conjunto coroa e pinhão	-	96	4	128	35	163
12	Moto-guincho, guincho socorro, carregadora de cana, rastelo...	70	30	-	48	33	81
13	Cilindro e bomba hidráulica, tomada de força, válvula.	50	48	2	80	60	140
14	Corrente e transportador industrial, roda dentada...	60	40	-	179	82	261
15	Reator, trocador de calor, vaso de pressão, coluna.	30	70	-	80	70	150
16	Cilindro hidráulico e pneumático, auto-peças e usinagem em geral	-	100	-	80	25	105
17	Tambor e disco para freio, cubo da roda, suporte da mola.	-	100	-	160	20	180
18	Bomba centrífuga, turbina à vapor e turbo-redutor	15	80	5	90	30	120
19	Moenda, pente, bagaceira, rolo e acessórios para usinas	85	10	15	80	40	120
20	Turbina a vapor, redutor de velocidade e mancal	50	50	-	40	20	60
TOTAL							9.251

Quanto ao mix de produtos fabricados notou-se que as empresas que concorriam diretamente no mercado, como por exemplo as de nº 04, 05, 06, 07, 19 e 20 diversificaram suas linhas de produtos e diferenciaram o seu principal produto para adequá-lo a um determinado mercado. Essa flexibilidade se fez necessária para a sobrevivência dessas empresas no mercado atual.

A Tabela 5.7 também apresenta dados referentes ao mercado de atuação, ou seja, porcentagem desses produtos que são vendidos no mercado nacional e internacional, bem como os recursos humanos das empresas estudadas. Observa-se que:

- a maioria delas trabalham com uma alta diversificação de produtos e baixos lotes de fabricação;
- as empresas 02 e 09 possuem um acordo de parceria com a empresa 01, fornecendo a maior parte de seus componentes e equipamentos para a montagem final na empresa 01;
- com exceção da empresa 01, que exporta 70% de seus produtos, e a empresa 10, que exporta metade da produção, as demais visam o mercado nacional;
- dentre essas empresas que visam o mercado nacional, pode-se destacar que doze delas concentram seu mercado no Estado de São Paulo. Isso deve-se ao grande número de usinas de açúcar e álcool no interior paulista, clientes assíduos dessas tradicionais empresas pesquisadas;
- quanto aos recursos humanos, nota-se que as quatro primeiras empresas consideradas de grande porte (acima de 500 empregados) detêm 6.087 funcionários, representando cerca de 50% do número de empregados do setor metal-mecânico da região;
- a empresa 12, apesar de estar enquadrada como porte médio pelo faturamento, possui menos de 100 funcionários (81 empregados);
- também a empresa 19, apesar de estar enquadrada como porte pequeno pelo faturamento, possui mais de 99 funcionários, (120 empregados), com o que se enquadraria como de porte médio;
- a empresa 02 não faz distinção, para efeito de controle, entre mão-de-obra direta e indireta;
- e a empresa 04, devido à grande variedade de produtos fabricados e possuir unidades fabris descentralizadas, ainda detêm um número elevado de funcionários (1500 empregados).

A Figura 5.3 resume os dados coletados e explicitados nas Tabelas 5.5, 5.6 e 5.7 ilustrando a amostra estudada em relação aos recursos humanos e o faturamento médio anual. Mostra o número total de empregados das empresas pesquisadas em relação ao número total de empregados existente no setor metal-mecânico.

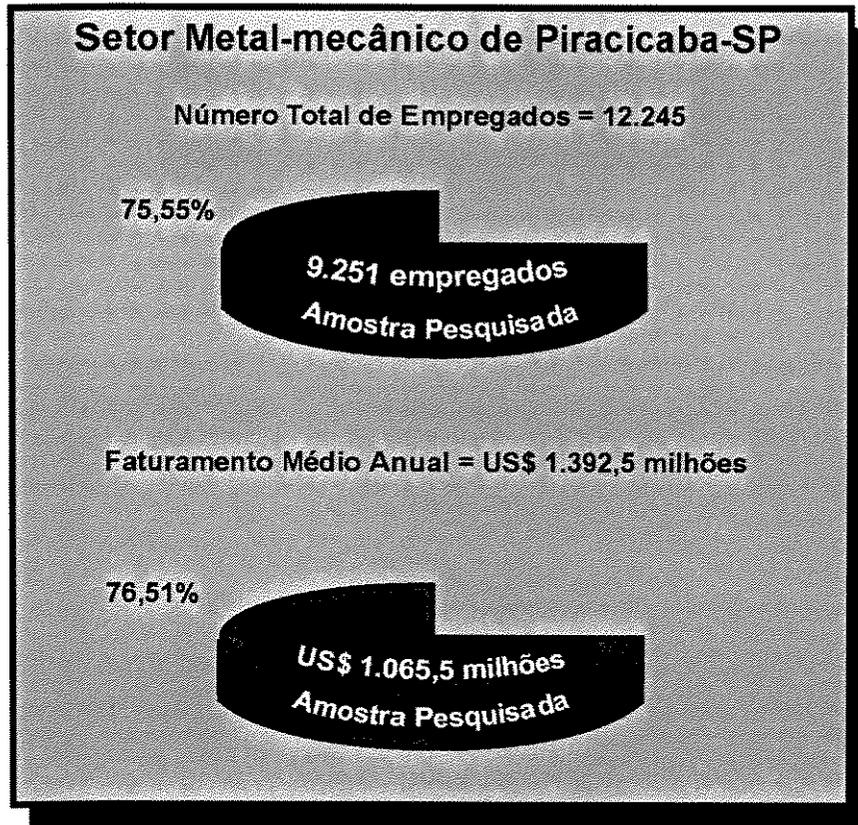


Figura 5.3 – Amostra pesquisada em relação ao emprego e ao faturamento do setor metal-mecânico de Piracicaba

O número de funcionários das empresas pesquisadas é também muito variável, levando a uma relação de faturamento por funcionário igualmente bastante variável. Várias das empresas estudadas afirmam também que essa relação era muito menor antes do processo de abertura da economia brasileira. A Figura 5.4 mostra essa relação em que as empresas 01 e 02 estão bem ajustadas com uma relação (faturamento/funcionário) na faixa, respectivamente, de US\$ 175.400,00 e US\$ 188.900,00, enquanto as empresas 14, 17, 18, 19 e 20 estão num patamar muito baixo, com valores inferiores à US\$ 50.000,00. Portanto, essas empresas estão necessitando otimizar seus recursos humanos ou amplificar seus faturamentos para se ajustarem melhor à realidade do mercado atual.

Já a empresa 05, além de estar numa faixa de US\$ 56.680,00 na relação de faturamento por funcionários, possui mão-de-obra indireta (232) maior que a direta (209), demonstrando certo desequilíbrio dos recursos humanos.

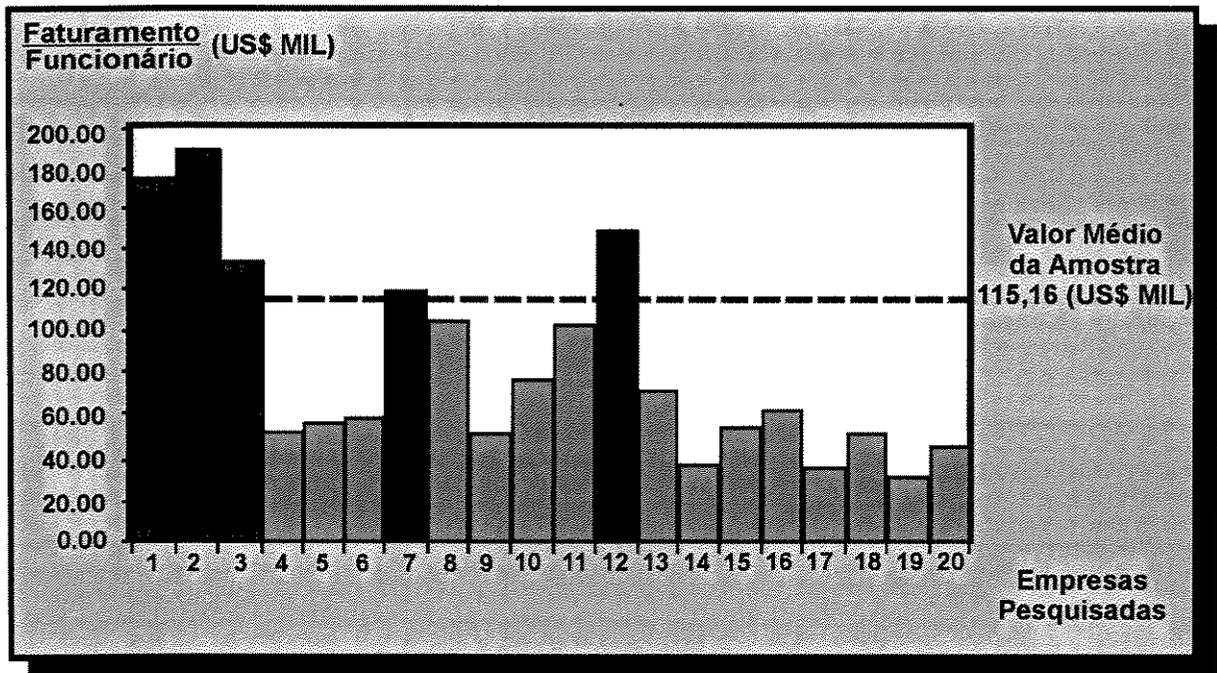


Figura 5.4 – Faturamento médio anual por funcionário de cada empresa

Adotou-se uma média de faturamento por funcionário das empresas pesquisadas, obtendo-se aproximadamente US\$ 115.000,00 por funcionário por ano, valor considerado bom se comparado, à média geral do setor no Brasil, em 1993, conforme Tabela de produtividade total da mão-de-obra por setor (MARQUES, 1995), Anexo II deste trabalho, somente atingida ou ultrapassada pelas empresas 01, 02, 03, 07 e 12. As demais empresas, ficaram muito abaixo desse valor, perfazendo uma média aproximada de US\$ 57.000,00, valor considerado muito baixo para os padrões atuais.

5.3.2 Dados sobre os Sistemas Produtivos utilizados

A Tabela 5.8 apresenta dados das empresas pesquisadas, referentes aos sistemas produtivos, abrangendo questões como tipo de arranjo físico (*layouts*), localização e sistema de interação com seus clientes.

Tabela 5.8 - Dados sobre os sistemas produtivos utilizados

Empresa	Fábrica (Localização)	Sistema de Produção							
		Tipo de Layout				Interação com Clientes			
C/D	Funcional	Produto	Celular	Misto	MTS	ATO	MTO	ETO	
01	C		X	X		X	X	X	
02	C		X	X		X	X		
03	C	X		X				X	
04	D	X		X	X			X	X
05	D	X	X			X		X	
06	C	X			X			X	
07	C	X		X				X	X
08	C			X		X		X	
09	D	X		X				X	
10	C		X			X	X		
11	C	X		X		X			
12	C	X		X				X	X
13	C		X	X		X		X	
14	D	X						X	
15	C	X	X					X	
16	C		X	X				X	
17	C	X				X			
18	D	X				X		X	
19	D	X			X			X	
20	C	X	X					X	

Nota: C=Centralizada; D=Descentralizada; Misto=(Combinação/Miscelânea); MTS=Produção para Estoque; ATO=Montagem sob Encomenda; MTO= Produção sob Encomenda; ETO=Engenharia sob Encomenda.

Quanto à localização, detectou-se que 11 empresas estão instaladas em uma área que permite ainda expansão da área fabril, ou seja, houve um planejamento da “*plant design*” para futuras instalações industriais. Essas empresas 01, 02, 03, 06, 08, 10, 11, 13, 15, 16 e 17 são consideradas centralizadas e possuem construção civil e instalações industriais relativamente modernas pelo tempo de construção (variando de 5 a 15 anos aproximadamente); existe preocupação com a preservação ambiental e são dotadas de jardins arborizados (área verde). As 07, 12 e 20 são também centralizadas, porém suas instalações fabris são antigas (variando de 15 a 50 anos), não permitindo qualquer tipo de expansão por falta de área física e por suas instalações industriais obsoletas.

Já as empresas 04, 05, 09, 14, 18 e 19 da Tabela 5.8 são consideradas descentralizadas, pois possuem várias unidades fabris em diversas localidades, estando todas situadas no perímetro urbano, próximo a comércios e residências. Isso deve-se a vários motivos, como fusão de empresas, terrenos originais das oficinas da época dos proprietários imigrantes e

falta de planejamento a longo prazo para futura expansão industrial. Todas possuem instalações industriais e construção civil antigas e obsoletas (variando de 15 a 50 anos aproximadamente) e a maioria já possui um projeto industrial e terreno para a expansão da fábrica no “próximo milênio”. Alegam que só não concretizaram essa nova fábrica antes devido a desaceleração do mercado e dificuldades que vinham tendo nos últimos anos, criando uma certa instabilidade quanto às perspectivas para o futuro.

Quanto ao tipo de arranjo físico (*layout*) das fábricas pesquisadas, pode-se observar que:

- as empresas 01, 02, 08, 13 e 16 adotam já há algum tempo o sistema de células de manufatura e também possuem, em menor percentual, o *layout* por produto, especificamente nas linhas de montagens;
- as demais empresas possuem ainda alguns setores mais antigos, com o arranjo funcional e outros setores mais novos com arranjo celular;
- a grande inovação nos últimos cinco anos nestas empresas foi a implementação do *layout* celular em partes do sistema produtivo, tendo como meta a substituição do arranjo funcional;
- nas empresas 04, 06 e 19, que trabalham num sistema sazonal, e atendem à manutenção dos equipamentos das usinas de açúcar e álcool nas “entressafras” da cana-de-açúcar, detectou-se ainda um quarto tipo de *layout* (misto), ou seja, uma mistura dos três tradicionais (funcional / produto / celular), específico para reformas de equipamentos para usinas de açúcar e álcool. Quando a reforma do equipamento é na obra, ou seja, na usina, utiliza-se o *layout* por posição fixa.

Quanto às formas de interação entre o sistema produtivo e o cliente nas empresas estudadas, observa-se que:

- a maioria das empresas pesquisadas utiliza a forma de produção sob encomenda (MTO) com o cliente, salvo as 02, 10, 11 e 17 (empresas que atuam no ramo de autopeças), que utilizam a forma de produção para estoque (MTS);
- somente as empresas 04, 07 e 12 que além da forma de fabricação sob encomenda, interagem também na forma de Engenharia sob encomenda (ETO), visto que seus clientes quase sempre solicitam equipamentos e/ou produtos específicos (especiais) que necessitam do desenvolvimento de um projeto específico.

5.3.3 Dados sobre as Tecnologias de Produção utilizadas

A Tabela 5.9, apresenta os principais recursos tecnológicos utilizados pelas empresas pesquisadas.

Tabela 5.9 - Recursos tecnológicos utilizados

Tecnologia										
Empresa	Máquinas Convencionais	Máquinas Automáticas	CNC	DNC	Robótica	GT	CAE	CAD	GAM	CAPP
01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
02	X	X			X	X		X		
03	X		X		X	X	X	X	X	
04	X					X		X		
05	X		X	X		X	X	X	X	
06	X		X			X		X	X	
07	X		X	X		X		X	X	
08	X		X			X		X		
09	X		X		X	X		X		
10	X		X		X	X		X	X	
11	X	X	X	X	X	X		X	X	X
12	X		X			X	X	X	X	
13	X		X			X		X	X	
14	X	X	X			X				
15	X					X	X	X		
16	X		X	X		X		X	X	
17	X		X			X		X		
18	X		X	X				X	X	
19	X					X				
20	X		X			X				

Pela Tabela 5.9 pode-se observar que:

- todas as empresas utilizam máquinas operatrizes convencionais e algumas, máquinas automáticas específicas;
- excluindo-se as empresas 02, 04, 15 e 19 todas possuem um tipo de máquina que utiliza o controle numérico computadorizado CNC;
- das 16 empresas que possuem o CNC, somente seis estão utilizando o DNC, ou seja, empregam computadores controlando simultaneamente mais de uma máquina de controle numérico;
- observou-se também baixa utilização da robótica nessas empresas, talvez por quase

- trabalharem quase todas num sistema não seriado ou semi-seriado;
- excluindo-se a empresa 19, todas utilizam os princípios da Tecnologia de Grupo. Isso também se explica por sua aplicação se restringir às indústrias produtoras de uma variedade de produtos fabricados em pequenos e médios lotes do setor metal-mecânico;
 - observou-se alta utilização dos sistemas CAD/CAM (Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador) e baixa utilização dos sistemas CAE (Engenharia Auxiliada por Computador) (cinco empresas) e CAPP (Planejamento do Processamento Auxiliado por Computador) (duas empresas);
 - não foi encontrado em nenhuma das empresas a utilização de AGV's (Veículos Guiados Automaticamente) nem de FMS (Sistemas Flexíveis de Manufatura), daí não constam da Tabela 5.9;
 - das empresas pesquisadas, a 01 é a que apresenta maior quantidade de novas tecnologias produtivas. A empresa 19 apresentou piores números nessa fase da pesquisa.

5.3.4 Dados sobre Investimentos, Prioridades Competitivas e Informações Adicionais

A Tabela 5.11 mostra o perfil e a preocupação das empresas estudadas quanto ao investimento médio/ano em máquinas e equipamentos e ao treinamento de seus funcionários, na qual, também mostra o faturamento médio anual e o faturamento por funcionário/ano das empresas. Para tal, utilizou-se de uma escala conceitual para avaliar melhor estes investimentos, atribuindo-se valores de 1 a 5, de acordo com a ordem crescente do valor investido (em porcentagem do faturamento médio/ano de cada empresa), conforme detalhado na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Escala conceitual de investimentos

Escala Conceitual de Investimentos	
1	Até 1% do Faturamento Médio Anual;
2	Até 2% do Faturamento Médio Anual;
3	Até 3% do Faturamento Médio Anual;
4	Até 4% do Faturamento Médio Anual;
5	Acima de 4% do Faturamento Médio Anual.

Tabela 5.11 - Investimento médio anual em tecnologia e treinamento da mão-de-obra⁽³⁾

Investimento Médio Anual			Faturamento	
Empresa	Máquinas e Equipamentos	Treinamento da Mão-de-Obra	Médio Anual (US\$ milhões)	Funcionário / Ano (US\$ mil)
01	2	2	500,0	175,4
02	2	2	160,0	188,9
03	4	4	120,0	134,8
04	1	2	80,0	53,3
05	2	2	25,0	56,7
06	2	1	24,0	60,0
07	5	2	20,0	117,6
08	2	1	20,0	105,2
09	3	1	18,0	51,4
10	4	3	18,0	77,2
11	2	2	17,0	104,3
12	4	1	12,0	148,1
13	5	2	10,0	71,4
14	1	1	9,0	34,5
15	2	2	8,0	53,3
16	5	3	6,5	61,9
17	1	1	6,0	33,3
18	1	1	6,0	50,0
19	1	1	3,5	29,2
20	3	1	2,5	41,6

Analisando a Tabela 5.11 observa-se que a empresa 07 investiu em 1997 aproximadamente um milhão de dólares em máquinas e equipamentos. A empresa 20 investiu aproximadamente 75 mil dólares comprando um centro de usinagem CNC para usinagem de perfis de palhetas que antes utilizava 3 máquinas convencionais e 3 funcionários num tempo 2 vezes maior.

Complementarmente aos dados da Tabela 5.11, pode-se afirmar que:

- investimento (em valor), em máquinas e equipamentos foi maior que o

⁽³⁾ Estas informações adicionais de Investimentos, bem como as Prioridades Competitivas citadas, não fazem parte do objetivo principal deste trabalho, foram levantadas com o intuito de aumentar o conhecimento sobre as empresas pesquisadas.

investimento em treinamento de seus funcionários;

- as empresas, na sua maioria, alegam que nesses últimos anos os investimentos em treinamentos da mão-de-obra, foi muito alto com bolsas de estudos, pesquisas, certificações, etc.;
- elas também alegam que o investimento em tecnologia foi muito grande, pois estão recuperando o “tempo perdido” dos últimos 10 a 15 anos, no qual o percentual não ultrapassava os 0,5% do faturamento médio do ano;
- a empresa 03, investiu muito em ambos segmentos no ano de 1997, alterou o projeto das suas instalações fabris e automatizou o sistema produtivo utilizando *know-how* da Alemanha, onde vários funcionários fizeram um aprendizado. O mesmo está ocorrendo em 1998, com a adoção de técnicas e sistemas japoneses no chão-de-fábrica, e vários funcionários estiveram naquele país para treinamento.

A Tabela 5.13 apresenta os dados levantados sobre as prioridades competitivas das empresas pesquisadas.

Levantar os dados a respeito das prioridades competitivas da manufatura foi tarefa difícil. Isso ocorreu porque a maioria das empresas não possuía uma definição explícita de suas prioridades competitivas. Essas foram, então, relatadas pelos dirigentes industriais responsáveis pela manufatura das empresas pesquisadas, através da atribuição de uma escala conceitual de valor, variando de 1 a 5 com valor crescente de importância para o mercado. Para tal fez-se uso da escala conceitual estipulada na Tabela 5.12. No questionário (Anexo I), utilizado para auxiliar nas pesquisas, constam cinco prioridades competitivas da manufatura: Menor Custo, Desempenho das Entregas, Qualidade, Flexibilidade e Inovação Tecnológica.

Tabela 5.12 – Escala conceitual de prioridade competitiva

Escala Conceitual de Prioridade Competitiva	
1	Sem Importância para o Mercado;
2	Pouca Importância para o Mercado;
3	Média Importância para o Mercado;
4	Muita Importância, mas não Decisivo para o Mercado;
5	Muita Importância e Decisivo para o Mercado;

O resultado referente a prioridades competitivas da manufatura dessas empresas, pode-se observar através da Tabela 5.13 que no caso das grandes empresas 01, 02, 03 e 04, prioridade competitiva era a inovação tecnológica, enquanto que para as pequenas empresas

19 e 20, era o menor custo. Nas empresas consideradas médias (de 05 a 18), apesar de muita dificuldade em esclarecer sua real prioridade competitiva, apontou-se a flexibilidade como a principal prioridade competitiva.

Tabela 5.13 - Dados sobre as prioridades competitivas das empresas pesquisadas

Prioridade Competitiva					
Empresa	Menor Custo	Qualidade	Desempenho das Entregas	Flexibilidade	Inovação Tecnológica
01	1	3	2	4	5
02	1	4	2	3	5
03	2	3	1	4	5
04	1	3	2	4	5
05	1	3	2	5	4
06	5	3	1	4	2
07	1	3	2	4	5
08	3	4	1	2	5
09	5	4	3	2	1
10	3	5	4	2	1
11	5	4	3	1	2
12	4	2	1	5	3
13	3	2	1	5	4
14	3	4	2	5	1
15	4	3	2	5	1
16	4	5	2	1	3
17	3	2	1	5	4
18	1	3	2	5	4
19	5	1	2	4	3
20	5	1	2	3	4
Total	(60)	(62)	(38)	(73)	(67)
Ordem	4^a	3^a	5^a	1^a	2^a

Os dados levantados mostram também casos claros de inconsistências entre a ordem das prioridades apontadas pelo responsável pela manufatura e o que realmente era praticado pela empresa. Por exemplo, empresas como as de número 05 e 18 relataram uma maior prioridade da flexibilidade, porém competem, claramente no mercado baseado no menor custo.

Na Tabela 5.14, considerando-se o número de vezes em que uma prioridade foi citada como sendo a prioridade 1, 2, 3, 4 e 5 da manufatura, tem-se que a prioridade Flexibilidade aparece mais vezes no primeiro lugar, seguida da Inovação Tecnológica, Menor Custo, Qualidade e Desempenho das Entregas, respectivamente.

Tabela 5.14 - Número de vezes em que foi citada como sendo a prioridade 1, 2, 3, 4 e 5 da manufatura

Escola Conceitual	Menor Custo	Qualidade	Desempenho das Entregas	Flexibilidade	Inovação Tecnológica
1	6	2	6	2	4
2	1	3	11	3	2
3	5	8	2	2	3
4	3	5	1	6	5
5	5	2	0	7	6

Os dados sobre as 20 empresas pesquisadas e apresentados nas Tabelas 5.13 e 5.14 sugerem então que:

- a Flexibilidade tende a ser mais freqüentemente considerada a primeira prioridade competitiva da manufatura. Ela aparece em primeiro lugar nas duas categorias de importância (5 e 4) com pontuações 7 e 6 respectivamente;
- em segundo lugar vem a Inovação Tecnológica nas categorias (5 e 4), com pontuações 6 e 5 respectivamente;
- a prioridade Qualidade e o Menor Custo ficam numa faixa intermediária de importância;
- enquanto que a prioridade Desempenho das Entregas é a de menor importância para as empresas pesquisadas, obtendo a 5ª posição e pontuação 6 e 11 na escala conceitual (1 e 2) respectivamente.

A Tabela 5.16, mostra outras informações adicionais sobre as empresas pesquisadas. Para tal fez-se uso da escala mostrada na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Escala conceitual de valor

Escala Conceitual de Valor	
1	Não Conhece;
2	Conhece, mas não aplica;
3	Conhece, pretende aplicar;
4	Conhece, aplica parcialmente;
5	Conhece, aplica plenamente

Tabela 5.16 - Informações adicionais sobre as empresas pesquisadas

Informações Adicionais			
Empresa	Qualificação Fornecedor	Terceirização Parceria	ISO Série 14 000
01	5	5	4
02	5	4	4
03	5	4	3
04	5	4	2
05	4	4	2
06	3	4	3
07	4	4	2
08	3	4	3
09	2	4	2
10	5	2	3
11	4	4	2
12	3	4	2
13	4	4	2
14	4	4	1
15	3	4	2
16	5	4	2
17	2	2	2
18	2	4	2
19	2	2	1
20	3	4	2

Como informações adicionais sobre as empresas pesquisadas pode-se citar na Tabela 5.16 a qualificação de fornecedores, a utilização da terceirização/parceria e preocupação com a ISO série 14.000 (preservação do meio ambiente). Para um melhor entendimento, utiliza-se uma escala conceitual de valor variando de 1 a 5 conforme a Tabela 5.15.

Analisando então a Tabela 5.16, verifica-se que:

- existe uma grande preocupação das empresas consideradas grandes, com a qualificação de seus fornecedores, isto é, com a qualidade de seus produtos no mercado;
- quase todas já utilizam a terceirização parcial de suas atividades produtivas, porém somente a empresa 01 estava num estágio mais avançado, utilizava plenamente a terceirização e a parceria com seus principais fornecedores;
- somente as empresas 01 e 02 possuíam uma preocupação com a ISO série 14.000, ou seja, com a preservação do meio ambiente, já aplicavam parcialmente a mesma. Pretendem utilizá-la plenamente no ano 2.000, a exemplo de suas matrizes americanas que já controlam os impactos industriais na natureza.

5.3.5 Dados sobre Sistemas de Gestão utilizados na Produção e na Qualidade

O objetivo principal desse tópico é relatar a utilização das técnicas e sistemas de gestão empregados na produção e na qualidade das empresas pesquisadas. A Tabela 5.17 apresenta dados referentes à Produção, utilizando-se da escala de valor expressa na Tabela 5.15.

Tabela 5.17 - Técnicas e sistemas de gestão utilizados na Produção

Técnicas e Sistemas de Gestão Utilizados na Produção						
Empresa	MRP	MRP II	ERP	JIT	Kanban	TOC
01	5	5	4	5	5	5
02	5	2	2	5	5	5
03	4	3	2	2	2	5
04	5	5	2	4	4	4
05	5	4	3	2	2	2
06	4	2	1	2	2	1
07	5	5	2	2	2	2
08	5	2	3	3	5	4
09	5	2	1	4	2	2
10	5	4	1	4	4	4
11	2	2	3	4	2	4
12	2	4	1	4	4	1
13	2	3	1	4	2	3
14	2	2	1	4	2	1
15	2	2	3	2	2	1
16	5	2	2	5	5	5
17	2	2	1	2	2	1
18	2	1	1	2	2	1
19	1	1	1	2	2	1
20	2	1	1	2	2	1

Quanto a técnicas e sistemas de gestão aplicados na Produção e na Qualidade, procurou-se relacionar somente as principais técnicas e filosofias. Os dados referentes à Qualidade estão resumidos na Tabela 5.18 e novamente, fez-se uso da escala conceitual expressa na Tabela 5.15.

Tabela 5.18 - Técnicas e sistemas de gestão utilizadas na qualidade

Técnicas e Sistemas de Gestão Utilizadas na Qualidade						
Empresa	CEP	FMEA	QFD	5S	TQC/TQM	ISO 9000 QS 9000
01	5	5	3	5	4	5 9002
02	5	5	4	5	4	5 9001, QS9000
03	2	2	1	5	4	5 9001
04	2	5	1	5	4	5 9001/9002
05	2	4	1	2	2	3
06	2	3	1	3	3	3
07	2	4	1	3	3	5 9001
08	2	2	1	5	4	3
09	2	4	1	4	2	2
10	5	5	1	4	3	5 9001 QS9000
11	5	5	2	4	3	5 9002
12	2	4	1	2	3	3
13	4	3	1	5	3	5 9001
14	3	1	1	4	3	2
15	2	2	2	3	3	2
16	5	5	2	5	3	5 9002
17	2	2	1	2	2	2
18	2	1	1	3	2	2
19	2	1	1	2	2	2
20	2	1	1	2	2	2

Na análise das Tabelas 5.17 e 5.18, simultaneamente, destacou-se a nota 5 (conhece, aplica plenamente) para melhor observar as tendências e verificou-se especialmente que:

- as empresas 17, 18, 19 e 20, de menor faturamento, não estão preocupadas com nenhuma dessas técnicas atuais de gestão da produção ou da qualidade, pois sequer pretendem aplicá-las nos próximos anos;
- as consideradas grandes já as aplicam plenamente ou parcialmente e estão se preparando para implantação de outras técnicas mais modernas como o caso do ERP (Planejamento dos Recursos da Empresa), na produção e o QFD (Desdobramento da Função Qualidade), na qualidade;

- e as empresas consideradas médias estão numa faixa intermediária de aplicação parcial e preocupação com a modernização do seu sistema de gerenciamento como um todo;
- nenhuma das empresas pesquisadas utilizava plenamente um ERP;
- nove das vinte empresas utilizavam o sistema MRP (Planejamento das Necessidades de Materiais) na sua íntegra;
- somente as empresas 01, 04 e 07 estavam utilizando o sistema MRP-II (Planejamento dos Recursos de Manufatura), tendo antes utilizado o MRP. A empresa 01 foi a única que utilizava esse sistema de controle integralmente em todas as suas instalações;
- quanto ao JIT (*Just in time*), somente as empresas 01, 02 e 16 alegam empregá-lo na sua íntegra, utilizando uma de suas principais ferramentas, o sistema Kanban;
- a teoria das restrições é utilizada integralmente somente nas empresas 01, 02, 03 e 16;
- observa-se também que as empresas 17, 18, 19 e 20 não conhecem ou conhecem, mas não aplicam, nenhuma das técnicas e sistemas de gestão da produção e da qualidade mencionados neste trabalho.
- a grande maioria das empresas estudadas já gerenciava a qualidade de seus produtos de forma direcionada às necessidades dos clientes;
- somente nas quatro últimas empresas estudadas 17, 18, 19 e 20, a responsabilidade sob a gestão da qualidade não era ainda uma responsabilidade coletiva da empresa. Essas empresas eram do tipo familiar e ainda estavam passando por um processo de transição visando atingir esse objetivo;
- metade das empresas utilizam plenamente uma das técnicas de gerência da qualidade;
- QFD não é utilizado plenamente em nenhuma das empresas;
- CEP e o FMEA só eram utilizados plenamente nas empresas 01, 02, 10, 11 e 16 que tinham fabricação seriada e semi-seriada. As demais alegam não justificar suas aplicações devido ao baixo volume e alta diversificação das peças;
- quanto ao programa 5S, sua utilização e conscientização plena ocorria nas quatro empresas consideradas grandes (01, 02, 03, e 04) e em três das consideradas médias (08, 13 e 16);
- TQC/TQM não foi encontrado implementado plenamente em nenhuma das

empresas pesquisadas, apenas verificando-se sua aplicação parcial nas empresas 01, 02, 03, 04 e 08;

- quanto à Certificação ISO série 9000, as empresas 02, 03, 04, 07, 10 e 13 já possuem a ISO série 9001 e as empresas 01, 04, 11 e 16, a ISO série 9002. As empresas 02 e 10, do ramo automotivo, possuem também a certificação QS-9000;
- ainda referente à certificação as empresas 05, 06, 08 e 12 estão em fase de implantação e auditoria. As 09, 14, 15, 17, 18, 19 e 20 foram taxativas em afirmar que não pretendem investir na certificação por enquanto, alegando não ser prioridade no momento e que a falta não está afetando as vendas.

5.3.6 Discussão Final dos Dados Levantados

Neste tópico será discutido e comparado os dados coletados das empresas pesquisadas com as dimensões estudadas nos capítulos 3 e 4 apresentados anteriormente neste trabalho. Uma questão básica para a análise e discussão dos dados levantados era verificar se existia alguma diferenciação em termos de utilização das dimensões (Tecnologias de Produção, Sistemas de Gestão da Produção e Gestão da Qualidade) em relação aos parâmetros (Porte, Ramo de Atuação e Origem) das empresas pesquisadas.

Essa análise foi feita com base em duas variáveis importantes: a utilização e a atualização das tecnologias produtivas e dos sistemas de gestão da produção e da qualidade utilizados pelas empresas pesquisadas. Adicionalmente, para cada uma dessas duas variáveis atribuiu-se os conceitos alta, média e baixa (utilização e atualização). Esse procedimento de análise está sintetizado na Tabela 5.19.

Observa-se então através da Tabela 5.19, que existe uma influência acentuada na utilização e atualização das tecnologias produtivas e sistemas de gestão aplicados na produção e na qualidade em relação aos três parâmetros básicos de análise, como o porte, o ramo de atuação e a origem/procedência das empresas pesquisadas.

Tabela 5.19 - Fatores relevantes das Dimensões Estudadas em relação a alguns Parâmetros das empresas pesquisadas.

INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA DE PIRACICABA								
PARÂMETROS		Faturamento Funcionário Ano (US\$ Mil)	DIMENSÕES ESTUDADAS					
			TECNOLOGIAS PRODUTIVAS		SISTEMAS DE GESTÃO DA			
			A*	U*	PRODUÇÃO		QUALIDADE	
A*	U*	A*			U*			
PORTE DA EMPRESA	Grande	138,1	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	Médio	73,2	MÉDIA	MÉDIA	BAIXA	ALTA	BAIXA	ALTA
	Pequeno	35,4	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA
RAMO DE ATUAÇÃO	Máquinas Agrícolas, Elevação de Cargas e Movimentação do Solo	120,0	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	Autopeças	100,9	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	Equipamentos para Usinas de Açúcar e Álcool e Equipamentos Hidráulicos	63,7	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
ORIGEM DA EMPRESA	Multinacional	136,7	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
	Nacional	68,8	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
	Nacional Familiar	38,0	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA

*onde: A = Atualização; U = Utilização

Começando pelo porte da empresa, ficou evidente que, quanto maior seu porte, maior é a intensidade de utilização e atualização das tecnologias de produção e dos sistemas de gestão aplicados à produção e à qualidade. Também o faturamento médio por funcionário por ano está diretamente relacionado ao tamanho das empresas pesquisadas. Neste caso específico, as empresas consideradas de porte grande possuem em média US\$138.100,00, enquanto as médias e pequenas possuem, respectivamente, US\$ 73.200,00 e US\$ 35.400,00.

O ramo de atuação das empresas pesquisadas foi subdividido em três setores básicos:

- Máquinas agrícolas, elevação de cargas e movimentação do solo;
- Autopeças;
- Equipamentos para as usinas de açúcar e álcool e equipamentos hidráulicos.

Analisando-se pelo ramo de atuação nos setores (máquinas agrícolas, elevação de cargas e movimentação do solo) e (autopeças), observa-se a alta utilização e atualização das dimensões estudadas, bem como a alta faixa de faturamento por funcionário por ano, variando de US\$ 100.900,00 a US\$ 120.000,00. O mesmo não ocorre no terceiro ramo de atuação (equipamentos para as usinas de açúcar e álcool e equipamentos hidráulicos), em que o faturamento por funcionário anual é relativamente menor, com níveis médios de US\$ 63.700,00. As empresas que atuam nesse ramo não se destacam nem na utilização e nem na atualização dessas dimensões estudadas.

Já no terceiro parâmetro de análise, origem da empresa, as evidências de que o capital estrangeiro influi diretamente na utilização e atualização das tecnologias e técnicas de gestão são claras, pois as empresas multinacionais (quatro empresas), foram classificadas como de alta utilização e atualização e, como já citado anteriormente, possuem uma média de US\$ 136.700,00 de faturamento por funcionário/ano. Já as empresas nacionais possuem um faturamento médio de US\$ 68.800,00 e ocupam posição média em relação à utilização e atualização das tecnologias e sistemas de gestão.

A situação fica mais crítica nas empresas nacionais consideradas familiares, isto é, aquelas em que ainda existe um domínio centralizado nos proprietários originais, os quais em sua maioria ainda desconhecem muitas tecnologias e sistemas atuais de gestão empresarial e não priorizam nenhuma das três dimensões estudadas neste trabalho. Essas empresas estão numa faixa média de faturamento por funcionário/ano de aproximadamente US\$ 38.000,00 e apresentam uma baixa utilização e atualização das dimensões estudadas.

Capítulo 6

Conclusões e Sugestões

6.1 Conclusões sobre a Pesquisa Realizada

Quanto à pesquisa realizada nas vinte indústrias de transformação do setor metal-mecânico de Piracicaba, conclui-se que ocorreram algumas implementações nesses últimos anos, tanto em novas tecnologias como nos sistemas de gestão da produção e da qualidade. Porém, detectou-se grande disparidade do estágio de desenvolvimento tecnológico e preocupação com a implementação de novas técnicas e sistemas de gestão da produção e da qualidade. Enquanto as consideradas grandes empresas estão colhendo os benefícios de tais técnicas, as pequenas empresas geralmente ignoram tais técnicas e a maioria não pretende estudá-las. Já as consideradas médias empresas (na sua maioria) estão preocupadas e/ou em fase de implementação das dimensões estudadas e investindo em máquinas e equipamentos mais sofisticados e em treinamento de sua mão-de-obra.

De uma maneira geral, os resultados do estudo mostram que a manufatura, através de técnicas gerenciais da produção: (MRP, MRP-II, ERP, JIT, Kanban, OPT/TOC) e da qualidade: (CEP, FMEA, QFD, 5S, TQC/TQM, ISO 9000/QS 9000), está em plena evidência nas grandes empresas e numa faixa intermediária de aplicação nas consideradas médias empresas, ou seja, elas estão tentando recuperar o “tempo perdido” nos últimos anos.

Evidenciou-se também que o tamanho da organização influi diretamente no estágio de aplicação das dimensões estudadas, pois enquanto as empresas 01, 02, 03 e 04 (consideradas grandes) estão interagindo com essas técnicas, as empresas 17 e 18, consideradas médias e as 19 e 20 consideradas pequenas, não estão preocupadas com nenhuma dessas técnicas atuais de gestão da produção ou da qualidade, e nem pretendem aplicá-las nos próximos anos.

A pesquisa realizada, mostra também uma grande influência dos parâmetros:

- Porte da empresa;

- Ramo de atuação;
- Origem da empresa.

Na utilização e atualização das dimensões estudadas nos capítulos 3 e 4:

- Tecnologias produtivas;
- Sistemas de gestão da produção;
- Sistemas de gestão da qualidade.

Destaca-se, sobretudo, uma evidente posição de vanguarda das grandes empresas multinacionais do setor de máquinas de movimentação do solo e autopeças. Por outro lado, observa-se a inconsistência e o despreparo das empresas nacionais, especificamente as de origem familiar. Aquelas na qual as tomadas de decisões ainda estão centralizadas nos proprietários fundadores, que na sua maioria desconhecem e/ou não priorizam estas dimensões estudadas.

Outro fator a ser considerado é a grande discrepância dos faturamentos, o qual cresce ou decresce proporcionalmente ao nível de utilização e atualização das dimensões estudadas neste trabalho.

6.2 Conclusões Gerais sobre o Trabalho

Na busca de soluções para vencer um mundo cada vez mais competitivo, as empresas de manufatura observam uma grande oferta de filosofias, técnicas e ferramentas. O ponto crucial, então, aparece em como implantá-las de maneira integrada, não propiciando um “caos organizacional” e utilizando-se seus princípios comuns. Esses princípios causam uma sinergia após a implantação de cada uma destas soluções, reaproveitando-se dos resultados de ações anteriores. No geral, pode-se afirmar que as atuais estruturas organizacionais estão apoiadas nos conceitos da 2ª geração de gerenciamento e os recursos computacionais estão com tecnologia de 5ª geração. Essa inconsistência deve ser superada pela aplicação de conceitos da era da informação, para manter-se competitivo nos próximos anos.

Portanto, pretende-se demonstrar sucintamente neste trabalho que a integração é uma condição estrutural (sinergia) de acordo com as exigências de mercado (competitividade) e não simplesmente o interfaceamento pela implementação computacional. “Para se atingir patamares superiores de competitividade, será necessário prover o crescimento harmônico dos níveis de automação mantendo-se o nível de integração constante” (AGOSTINHO, 1995). No

Anexo III mostra-se um modelo de integração de diversas atividades numa Arquitetura dos Sistemas de Manufatura para condições de Alta Diversificação e Baixos Lotes.

Na arquitetura dos sistemas de manufatura para condições de alta diversificação e baixos lotes, ou seja, introdução de novos produtos em condições de competitividade é necessário que as estruturas de engenharia e *marketing* das empresas mantenham altos índices de adaptabilidade, através do emprego de recursos computacionais de apoio, além do desenvolvimento de base de dados e conhecimentos comuns entre as atividades de engenharia, seja do produto ou manufatura.

O caminho que se sugere a empresas tipicamente convencionais é que dêem primeiro um passo em direção à flexibilização dos seus sistemas de produção e, a partir daí, sigam em direção à automatização dos mesmos, em função das suas necessidades e da disponibilidade de recursos (SIMON & AGOSTINHO, 1994).

A flexibilidade segundo esses autores é, sem dúvida, uma condição essencial para se manter competitivo no mercado atual. A busca da flexibilidade em todos os níveis da empresa, isto é, de maneira integrada e globalizada, deve ser um objetivo permanente para que as empresas se mantenham no mercado atendendo com sucesso às necessidades e imposições dos consumidores, operando com rentabilidade, competitividade, estabilidade e em crescente desenvolvimento.

A aplicação de alguns recursos, ou seja, técnicas administrativas e gerenciais e determinadas tecnologias relativamente simples, que não requerem elevados investimentos, como por exemplo, a Tecnologia de Grupo / Manufatura Celular, podem proporcionar a flexibilidade e a produtividade necessárias e adequadas a exigências primárias do atual mercado. Permitindo, após esse estágio, caminhar em direção a tecnologias mais avançadas e sofisticadas, como os Sistemas Flexíveis de Manufatura, na busca da produção de pequenas e médias quantidades a um custo equivalente àqueles da produção em massa (SIMON & AGOSTINHO, 1994).

No Brasil, muitas empresas industriais ainda se encontram de certa forma “desorientadas” com relação ao cenário externo que estão presenciando, como a globalização, a abertura do mercado brasileiro (Mercosul), a competição em nível mundial, a necessidade de ser “*world class manufacturing*” e a oferta de um grande conjunto de tecnologias e sistemas gerenciais à disposição das mesmas (SIMON, 1991).

Ao que constatou-se nas empresas pesquisadas, uma parcela delas estão atualizadas e sintonizadas com este cenário. Geralmente esse grupo é representado pelas empresas de porte

grande e são na sua maioria multinacionais. Outro grupo é formado pelas empresas nacionais consideradas médias e até grandes que estão conscientes da necessidade de mudar, mas ainda não sabem como fazer ou não estão preparadas para fazer as mudanças. E um terceiro grupo, o das pequenas e médias empresas brasileiras que, em sua maioria ainda estão desatualizadas e mantêm sistemas produtivos inadequados e ignoram a nova realidade do mercado.

Essas empresas podem e devem utilizar e/ou atualizar tais recursos tecnológicos e novos sistemas gerenciais, obtendo seus benefícios e adaptando-se a necessidades de hoje, e o mais importante, mantendo-se no mercado.

6.3 Sugestões para Futuros Trabalhos/Pesquisa

Como trata-se de um trabalho único no setor metal-mecânico do município de Piracicaba, e levando-se em consideração a representatividade da amostra estudada no setor (quase 80%), sugere-se para futuros trabalhos/pesquisa:

- a realização deste estudo, (em 100%) das empresas metal-mecânica do município, isto é, incluindo a 5ª grande empresa (siderúrgica), as pequenas e médias empresas restantes e todas as microempresas, desconsideradas neste primeiro trabalho;
- a realização de um estudo mais aprofundado da utilização dessas tecnologias e técnicas de gestão da produção e da qualidade, propondo um modelo orientativo para implementação de tais técnicas, principalmente para as pequenas e médias empresas do setor;
- expandir esta pesquisa para outras regiões e aplicar praticamente o modelo de orientação proposto acima.

A princípio, uma das variações interessantes dessas pesquisas de campo poderia ser a expansão da mesma nessas indústrias de transformação, porém, envolvendo outros setores como químico, têxtil, papel e papelão, alimentício, etc, do município de Piracicaba.

Referências Bibliográficas

- ACKOFF, R. *Redesigning the future*, New York, John Wiley, 1976.
- ADAMS, F., COX, J. F. *Manufacturing Resource Planning: An Information Systems Model*, Long Range Planning, Vol. 18, Nº 2, p.86-92, 1985.
- ADLER, P. S. *Managing Flexible Automation*, California Management Review, p.34-57, Spring, 1988.
- AGOSTINHO, O. L. *Capacidade de Adaptação dos Sistemas de Manufatura em Função do Mercado Consumidor*, INOTEC, 1992.
- AGOSTINHO, O. L. *Estudo da Flexibilidade dos Sistemas Produtivos*, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1985, 238p.
- AGOSTINHO, O. L. *Integração da Manufatura*, Faculdade de Engenharia Mecânica/ UNICAMP, 1993.
- AGOSTINHO, O. L. *Relação Estratégica entre Integração de Manufatura e Desenvolvimento Tecnológico*, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1995.
- AGOSTINHO, O. L. *Sistemas de Manufatura*, Faculdade de Engenharia Mecânica/ UNICAMP, 1994.
- AGUIAR, A. F. S., et al. *Integração da Manufatura: O Caminho para a Modernização*, Revista Máquinas e Metais, Nº 344, p.98, Setembro, 1994.

- AKAO, Y. *Quality Function Deployment – QFD – Integrating Requeriments into Product Design*, Y. Akao, Productive Press, Portland, Oregon, 1990.
- ALVES FILHO, A. G. *Estratégia Tecnológica, Desempenho e Mudança: Estudos de Casos em Empresas da Indústria de Calçados*, Tese de Doutorado, Escola Politécnica/USP, 1991, 189p.
- ANUÁRIO DAS INDÚSTRIAS – 30ª ed. – EPIL, Editora Pesquisa e Indústria Ltda, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT – Comitê Brasileiro da Qualidade, Manuais da NB – 9000 – 1998.
- AYRES, R. U. *CIM: a Challenge to Technology Management*, International Journal of Technology Management, Special Issue on Strengthening Corporate and National Competitiveness through Technology, p.18-39, 1992.
- BARELLA JR, B. *QS 9000 – Uma Interpretação do Setor Automotivo para a ISO 9000*, I Seminário: QS 9000: Princípios, Interpretação e Implantação – Núcleo de Gestão da Qualidade & Metrologia – UNIMEP, 1997.
- BESANT, C. B. *CAD/CAM – Projeto e Fabricação com o Auxílio de Computador* – Editora Campus, Rio de Janeiro, 1986.
- BLACKBURN, J. D. *Time-Based Competition*, in: *Strategic Manufacturing – Dynamics New Directions for the 1990s*, Dow-Jones, Homewood, Illinois, 1990, 385p.
- BONETTO, R. *Flexible Manufacturing Systems*, Hermes Publishing, Paris, 1985.
- BRINKMAN, B. *Strategy for Flexibility*, in: *Advances in Production Management Systems 85*, p.242-248, North-Holland, 1986.
- BUFFA, E. S., SARIN, R. K. *Modern Produtcion/Operations Management*, John Wiley & Sons, New York, 1987, 802p.

- BURBIDGE, J. L. *Production Control: a universal conceptual framework*, Production Planning & Control, Vol. 1, N°1, p.3-16, 1990.
- BURBIDGE, J. L. *Production Planning and Control – A Personal Philosophy*, Computers in Industry, Vol. 6, p.477-487, 1985.
- BURBIDGE, J. L. *The Introduction of Group Technology*, London, Willian Heinemann, 1975, 267p.
- BUSACCA, B. *L'Analisi del Consumatore – sviluppi concettuali e implicazioni di marketing*, Milano, EGEA, 1990.
- CALZA, L. *O Interior em Revista*, Revista Conexão Paulista, p.12-15, N° 12, Ano 1, junho, 1998.
- CASTELLTORT, X. *CAD/CAM – Metodologia e Aplicações Práticas*, McGraw-Hill, São Paulo, 1988.
- CERVENY, R. P., SCOTT, L. W. *A Survey of MRP Implementation*, Production and Inventory Management Journal, 31-34, Third Quarter, 1989.
- CHENG, L. C., et al. *QFD – Planejamento da Qualidade*, Editora Littera Maciel Ltda, Belo Horizonte, 1995.
- CHIAVENATO, I. *Teoria dos Sistemas / Teoria da Contingência, Introdução à Teoria Geral da Administração*, 3ª ed., São Paulo, McGraw-Hill, 1983.
- CHIAVENATO, I. *Teoria Geral da Administração*, São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1979.
- CONTADOR, J. C., et al. *Gestão de Operações – A Engenharia de Produção à Serviço da Modernização da Empresa*, 1ª ed., Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1997.

- COOPER, R. *You Need a New Cost System When...*, Harvard Business Review, January-February, p.77-82, 1989.
- CORRÊA, H. L., GIANESI, I. G. *Just in Time, MRP-II e OPT – um enfoque estratégico*, Editora Atlas, São Paulo, 1994, 186p.
- CORRÊA, H. L., et al. *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP-II / ERP – Conceitos, Uso e Implantação*, São Paulo, Gianesi Corrêa e Associados, Atlas, 1997.
- CORTADA, J. W., QUINTELLA, H. M. *TQM – Gerência da Qualidade Total*, São Paulo, Makron Books, 1995.
- COSENZA, C. A., BORGES, C. A. *Comportamento Econômico da Indústria Brasileira de Fabricação sob Encomenda*, XV Congresso Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP/UFSCAR, 1995.
- CROSBY, P. *Os 14 Passos da Melhoria da Qualidade não terminam nunca*, livro Integração – Qualidade e Recursos Humanos para o Ano 2000, Folha Management, N° 17, São Paulo, dezembro, 1995.
- DAS, S. R., KHUMAWALA, B. M. *Flexible Manufacturing Systems: A Production Management Perspective*, Production and Inventory Management Journal, p.63-67, Second Quarter, 1989.
- DE BELLO, J. D., GALIB, F. *CAPP: Introdução ao Planejamento do Processo Assistido por Computador com Base na Tecnologia de Grupo*, Revista Ciência & Tecnologia, UNIMEP, 1993.
- DE GROOTE, X. *The Flexibility of Production Processes: a General Framework*, Working Paper, INSEAD, 1993, 26p.
- DE MEYER, A. et al. *Flexibility: The Next Competitive Battle – The Manufacturing Futures Survey*, Strategic Management Journal, Vol. 10, p.135-144, 1989.

- DELEERSNYDER, J. L. et al. *Integrating Kanban Type Full Systems and MRP Type Push Systems: Insights from a Markovian Model*, I.I.E. Vol. 24, Nº 3, p.43-56, 1992.
- DEMING, W. E. *Out of Crisis*, MA: Center for Advanced Engineering Study, Boston, 1986.
- DOLL, W. J, VONDEREMBSE, M. A. *The Evolution of Manufacturing Systems: towards the post*, industrial enterprise, Omega, 1991.
- DRUCKER, P. E. *The Emerging Theory of Manufacturing*, Harvard Business Review, May-June, p.94-102, 1990.
- DRUCKER, P. E. *The coming of the new organization*, Harvard Business Review, january-february, 1988.
- DURAN, O., BATOCCHIO, A. *A produtividade cresce com o planejamento do processo auxiliado por computador*, p.70-79, Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, Ano XXXIII, Nº 381, outubro, 1997.
- EGREJA, L. R. G. *Descomplicando a Implantação do CIM e da ISO 9000*, Revista Máquinas e Metais, março, 1994.
- FALCONI, V. *Gerência da Qualidade Total*, Brasil, R.J., Bloch Editores S/A, 1989.
- FAYOL, H. *Administração Geral e Industrial*, São Paulo, Atlas, 1976.
- FEIGENBAUM, A. V. *Total Quality Control*, 3ª ed., New York, McGraw-Hill, 1986.
- FERDOWS, K. et al. *Envolving Global Manufacturing Strategies: Projections into the 1990s*, International Journal of Operations and Production Management , Vol. 6, Nº 4, p.6-16, 1986.
- FERRAZ, J. C. et al. *Desafios Competitivos para a Indústria*, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.

FIESP/CIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo / Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Regional de Piracicaba).

FLEURY, A. C. C., VARGA, S. N. *Organização do Trabalho*, São Paulo, Atlas, 1983.

FLEURY, A. C. C. *Análise à nível de empresa dos impactos da microeletrônica sobre a organização da produção e do trabalho*, Tese (professor titular), Escola Politécnica/USP, São Paulo, 1988, 144p.

FORNELL, C. *A National Customer Satisfaction Barometer: The Swedish Experience*, Journal of Marketing, Vol. 56, january, 1992.

FRIEDRICH, L. F., STANGE, P. *Desenvolvendo e implementando software de controle de células flexíveis de manufatura*, p.105-110, Revista Máquinas e Metais, Aranda Editora, Ano XXXII, Nº 382, novembro, 1997.

GAJ, L. *Administração Estratégica*, São Paulo, Editora Ática, 1987.

GARVIN, D. A. *Building a Learning Organization*, Harvard Business Review, July-August, p.78-91, 1993.

GARVIN, D. A. *Competing on the Eight Dimensions of Quality*, Harvard Business Review, November-December, p.101-109, 1987.

GELDERS, L. F., WASSENHOVE, L. N. *Capacity Planning in MRP, JIT and OPT: a Critique*, Engineering Costs and Production Economics, Vol. 9, p.201-209, 1985.

GERSTEIN, M. S. *The Technology Connection*, Addison-Wesley, Don Mills, 1987, 194p.

GERWIN, D. *An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 7, Nº 1, p.38-49, 1987.

- GOLDDRATT, E. M., COX, J. *The Gool*, North River Press Inc., New York, 1990.
- GOLDHAR, J. D. et al. *Flexibility and Competitive Advantage – Manufacturing becomes a Service Business*, International Journal of Technology Management, Special Issue on Manufacturing Strategy, Vol. 6, Nº 3/4, p.243-259, 1991.
- GOLDHAR, J.D., LEI, D. *The Multiple Niche Competitors – A Strategic Use of FMS and CIM*, Manufacturing Review, Vol. 3, Nº 3, September, 1990.
- GOLDRATT, E. M. *Computerized Shop Floor Scheduling*, International Journal of Production Research, Vol. 26, Nº 3, p.443-455, 1988.
- GONÇALVES FILHO, E. V. *Tecnologia de Grupo: conceitos básicos e modo de aplicação / Células de Fabricação: projeto e implantação – cadernos D.E.P.*, 1990.
- GONÇALVES FILHO, E. V., CHRISTIANO, A. C. *Implantando Células de Manufatura em uma Empresa com Fabricação sob Encomenda*, Revista Gestão & Produção, Universidade Federal de São Carlos, Vol. 1, abril, 1994.
- GROOVER, M. P., ZIMMERS JR, T. W. *CAD / CAM: Computer-Aided Desing and Manufacturing*, New Jersey, Preutice-Hall, 1984, 489p.
- GROOVER, M. P. *Automation, production Systems and Computer Aided Manufacturing*, Pretince – Hall, Inc. New York, 1987.
- GUIMARÃES, P. E. *Estudo de Viabilidade e Proposta de Adequação da Metodologia QFD a Prestação de Serviços e Desenvolvimento de Soluções*, Dissertação de Mestrado em Qualidade, UNICAMP, 1994.
- GUPTA, P. Y., GOYAL, S. *Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements*, European Journal of Operational Research, Vol. 43, p.119-135, 1989.

- HARRIS, T. *Optimized Inventory Management*, Production and Inventory Management Journal, First Quarter, 1997.
- HAYES, R. H., JAIKUMAR, R. *Manufacturing's Crisis: New Technologies, Obsolete Organizations*, Harvard Business Review, p.77-85, September-October, 1988.
- HERZBERG, F. *O Conceito da Higiene como Motivação e os Problemas do Potencial Humano de Trabalho*, in: HAMPTON, D., *Conceitos de Comportamento na Administração*, São Paulo, EPU – Editora Pedagógica e Universitária, 1973.
- IMAI, M. *Kaizen – A estratégia para o Sucesso Competitivo*, São Paulo, 1992.
- ISHIKAWA, K. *Guide to Quality Control*, 2ª ed., Asian Productivity Organization, Hong Kong, 1985.
- JAIKUMAR, R. *Postindustrial Manufacturing*, Harvard Business Review, November-December, p.69-76, 1986.
- JURAN, J. M. *Juran na Liderança pela Qualidade*, Editora Pioneira, São Paulo, 1990.
- KERRY, H. *Documento interno da KSR*, Consultoria e Sistemas para Engenharia, 1994.
- LEITE, D. *Bens de Capital – “Sem Anéis nem Dedos”*, Revista Carta Capital, p.36,37, setembro, 1998.
- LEONG, G. K. et al. *Research in the Process and Content of Manufacturing Strategy*, OMEGA – The International Journal of Management Science, Vol. 18, p.109-122, 1990.
- LUEBBE, R., FINCH, B. *Theory of Constraints and Linear Programming: a Comparison*, International Journal of Production Research, Vol. 30, Nº 6, p.14-71-78, 1992.
- MACHADO, A. *Comando Numérico aplicado às Máquinas-Ferramenta*, Ícone Editora Ltda, 4ª ed., 1990.

- MANTEGA, G. *A Economia Política Brasileira*, Editora Vozes, Petrópolis, 1990.
- MARQUES, J. M. *Produtividade – Alavanca para a Competitividade*, Edicom, 1ª ed., São Paulo, 1995.
- MARSH, R. F., MEREDITH, J. R. in: *Changes Performance Measures on the Factory Floor*, Production and Inventory Management Journal, First Quarter, 1998.
- MARTINS, R. A., SACOMANO, J. B. *Integração, Flexibilidade e Qualidade: Os Caminhos para um Novo Paradigma Produtivo*, Revista Gestão & Produção – Universidade Federal de São Carlos – D. E. P., Vol. 1, Nº 2, p. 153-170, Agosto, 1994.
- MARUCHECK, A. S., McCLELLAND, M. K. *Strategic Issues in Make-to-Order Manufacturing*, Production and Inventory Management Journal, Vol. 27, Nº 2, p.82-96, 1986.
- McGREGOR, D. *O Lado Humano da Empresa*, in HAMPTON, D., *Conceitos de Comportamento na Administração*, São Paulo, EPU – Editora Pedagógica e Universitária, 1973.
- MIGUEL, P. A. C. *Técnicas Associadas à Qualidade*, cap. 8, Núcleo de Gestão da Qualidade & Metrologia, UNIMEP, 1998.
- MIRANDA, R. L. *Qualidade Total – Rompendo as barreiras entre a teoria e a prática*, Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1995.
- MOTTA, F. C. P. *Teoria Geral da Administração*, São Paulo, Pioneira, 1981.
- MOURA, R. A. *Just-in-Time / Kanban – A Simplicidade no Controle da Produção*, IMAM, 1990.
- OSADA, T. *Housekeeping – 5S's: cinco pontos-chave para o ambiente da qualidade total*, Instituto IMAM, 1992.

- PIRACICABA. Prefeitura Municipal. (Centro de Comunicação Social, Comissão de Eventos Cívicos e Secretaria de Planejamento).
- PIRES, S. R. I. *Gestão Estratégica da Produção*, Editora UNIMEP, 1995, 269p.
- PIRES, S. R. I. *Integração do Planejamento e Controle da Produção a uma Estratégia da Manufatura*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1994, 233p.
- PIRES, S. R. I. *Planejamento e Controle da Produção em indústrias que utilizam Tecnologia de Grupo: um modelo de seqüenciamento da produção celular dependente dos tempos de preparação de máquinas*. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1989, 155p.
- PORTER, M. E. *Competitive Advantage – Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press, New York, 1985, 557p.
- RAMOS, A. W. *Controle Estatístico de Processo para Pequenos Lotes*, São Paulo, Edgard Blücher, 1995.
- SACOMANO, J. B. *Uma Análise da Estrutura Funcional do Planejamento e Controle da Produção e suas Técnicas Auxiliares*”, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1991.
- SÃO PAULO. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico.
- SAVAGE, C. M. *Fifth Generation Management*, Digital Press, 1991.
- SCHONBERGER, J. R. *Técnicas Industriais Japonesas*, Editora Pioneira, 2ª ed., 1984.
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Est. de São Paulo.
- SEQUEIRA, J. H. *Manufatura de Classe Mundial no Brasil – Um Estudo da Posição Competitiva*, American Chamber of Commerce for Brazil/FIESP, São Paulo, 1990, 101p.

- SHEWHART, W. A. *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, Milwaukee, ASQC Quality Press, 1989.
- SKINNER, W. *The Focused Factory*, Harvard Business Review, May-June, p.113-121, 1974.
- SKINNER, W. *The Productivity Paradox*, Harvard Business Review, July-August, p.55-59, 1986.
- SIMON; A. T., AGOSTINHO, O.L., *Estágios de passagem da estrutura convencional para a flexível*, Revista Máquinas e Metais, Nº 338, p. 164-178, Março, 1994.
- SIMON, A.T. *Não existe Milagre: Nenhuma nova tecnologia resolve tudo de repente*, Revista Máquinas e Metais, Nº 306, p. 65, Julho, 1991.
- SLACK, N., et al. *Administração da Produção*, Revisão Técnica Henrique Corrêa e Irineu Gianesi, São Paulo, Editora Atlas, 1997.
- STALK JÚNIOR, G., WEBBER, A. M. *Japan's Dark Side of Time*, Harvard Business Review, july-august, p.93-102, 1993.
- STALK JÚNIOR, G. *Time – The Next Source of Competitive Advantage*, Harvard Business Review, July-August, p.41-51, 1988.
- TAGUCHI, G. *Introduction to Quality Engineering: designing quality into products and process*, Asian Productivity Organization, 1986.
- TALAYSUM, A. T. *Scale Vs. Scope: The Long-run Economics of the CIM/FMS Factory*, in: *Advances in Production Management Systems 85*, p.57-70, North-Holland, 1986.
- TAMINI, N., et al. *Assessing the Psychometric Properties of Deming's 14 Principles*, Quality Management Journal, Vol. 2, Nº 3, p. 38-52, Spring, 1995.
- TAYLOR, F. *Princípios de Administração Científica*, São Paulo, Atlas, 1966.

- VIEIRA, D. R. *Funções da Robótica no Processo de Acumulação: o caso brasileiro*, Editora Vozes Ltda, Petrópolis, Rio de Janeiro, 1985.
- VOLLMANN, T. E. et al. *Manufacturing Planning and Control Systems*, Business One Irwin, Homewood, 1992.
- VOLLMANN, T. E. *OPT as an Enhancement to MRP II*, Production and Inventory Management, Vol. 27, N° 2, Second Quarter, p.38-47, 1986.
- WANTUCK, K. A. *Just in Time for America*, KWA Media, Southfield, 1989, 423p.
- WARNECKE, H. J., STEINHILPER, R. *Flexible Manufacturing Systems*, IFS Publications, LTD, UK, 1985.
- WEMMERLÖV, U. *Assemble-to-Order Manufacturing: Implications for Materials Management*, in: *Production Planning Scheduling, and Inventory Control*, Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 1986, 282p.
- WERNTZE, G. *Usinagem Flexível com Fresadoras Universais Automatizadas, Centros de Usinagem e Células Interligadas*, Seminário Traubomatic Ind. Com. Ltda., Tecnologia de Máquinas-Ferramenta, outubro, 1988.
- WHITE, R. E. – *An Empirical Assessment of JIT in U.S. Manufactures*, Production and Inventory Management Journal, Second Quarter, 1993.
- WHITELEY, R. C. *A Empresa Totalmente Voltada para o Cliente: do planejamento à ação*, Rio de Janeiro, Editora Campus, 1992.
- WOMACK, J. P. et al. *The Machine that Changed the World*, New York, First Happer Perenial, 1991.

Bibliografia Adicional Consultada

AGOSTINHO, O. L. et al. *Procedimentos para a Implantação de Sistemas Integrados de Manufatura*, Revista Ciência & Tecnologia da Universidade Metodista de Piracicaba, Ano 1, Nº 1, novembro, 1991.

ALMEIDA, L. G. *Gerência de Processo: Um passo para a Excelência*, Editora Qualitymark, 1992.

CAULLIRAUX, A. *A transferência de tecnologia do exterior na área de CIM*, Revista Máquinas e Metais, setembro, 1994.

CONTADOR, J. C. *Modelo para aumentar a Competitividade Industrial – A transição para a gestão participativa*, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1996.

COUTINHO, L., FERRAZ, J. C. *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*, 3ª ed., Editora UNICAMP, São Paulo, 1995.

CRISTIANO, A. C. *Projeto de Implantação de Células de Manufatura em uma Empresa Produtora de Bens de Capital sob Encomenda*, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1989, 134p.

CROSBY, P. B. *Qualidade é Investimento*, José Olympio, Rio de Janeiro, 1984.

EUREKA, W. E., RYAN, N. E. *QFD – Perspectivas Gerenciais do desdobramento da Função Qualidade*, 1993.

FUNDAÇÃO PARA O PRÊMIO NACIONAL DA QUALIDADE – FPNQ: *Crêterios de Excelênciã: o estado da arte da Gestãõ da Qualidade Total*, Sãõ Paulo, 1992.

FRANÇA, J. L. et al. *Manual para Normalizaçãõ de Publicações: Têcnico – Científicas*, 3ª ed., Belo Horizonte, Editora UFMG, 1998, 196p.

HOFFMAN, K., KAPLINSKY, R. *The point of transition from Machinofacture to Systemofacture*, London, Westview, 1988.

HUMPHREY, J. *Adapting the “Japanese model” to Brazil*, IDS, Brighton, 1990.

ISHIKAWA, K. *Controle de Qualidade Total à maneira japonesa*, Editora Campus, 1993.

JURAN, J. M. *A Qualidade desde o Projeto*, Livraria Pioneira Editora, Sãõ Paulo, 1992.

KING, W. R., RAMAMURTHY, K. *Do organizations achieve their objectives from computer – based manufacturing technologies*, IEEE Transctions on Engineering Management, Vol. 39, N° 2, p. 129-141, maio 1992.

MOURA, E.C. *As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade – Implementando a Melhoria Contínua com Maior Eficácia*, Editora McGraw-Hill Ltda, Sãõ Paulo, 1994.

SALLES, J. A. A. *A Reorganizaçãõ da Produçãõ Industrial a partir da Automaçãõ Microeletrônica*, Revista Ciênciã & Tecnologia da Universidade Metodista de Piracicaba, Ano 1, N° 1, novembro 1991.

TOLEDO, J. C. *O Sistema Japonês de Controle de Qualidade*, 1991.

ZACCARELLI, S. B. *Administraçãõ Estratêgica da Produçãõ*, Editora Atlas S.A., Sãõ Paulo, 1990, 134p.

Anexos

ANEXO I

QUESTIONÁRIO BÁSICO UTILIZADO NA PESQUISA DE CAMPO***I – DADOS GERAIS DA EMPRESA:***

- Razão social:
- Endereço/Localização:
- Nº Funcionários: - Diretos
 - Indiretos
 - Total
- Ramo de atuação:
- Principais produtos:
- Faturamento médio anual: (US\$ milhões)
- Constituição jurídica: Capital Nacional:
Capital Estrangeiro:
- Quais os principais clientes? Se possível identificá-los.
- Quais os principais concorrentes (Nacionais e Internacionais)? Se possível identificá-los.
- Utiliza Terceirização? Qual?
- Qual o principal mercado visado pela Empresa:
 Regional (SP) Nacional Internacional

II – DADOS SOBRE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO E SISTEMAS ATUAIS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE APLICADOS NA EMPRESA

- Quanto aos equipamentos utilizados, indique:
 - Idade média das (MFC/MFCNC)
 - Porcentagem de (MFC/MFCNC)
 - Recursos de automação disponíveis (GT, FMS, ROBÔS, AGV's...)
- Quanto à informatização-manufatura integrada por computador:

() CAE () CAD () CAM () CAPP () CIM
- De que forma está definido o *layout* da Empresa?

() Fixo () Em linha () Celular

() Funcional () Por produto ()
- Investimentos em equipamentos (% do Faturamento Médio Anual)
- Investimentos em treinamento (% do Faturamento Médio Anual)
- Formas de produção utilizadas:

() **MTS** (Make to stock) (*produção para estoque*).

() **ATO** (Assemble to order) (*montagem sob encomenda*).

() **MTO** (Make to order) (*produção sob encomenda*).

() **ETO** (Engineering to order) (*engenharia sob encomenda*).
- Prioridades competitivas da manufatura (priorizar em ordem crescente de 1 a 5):

() Menor Custo () Qualidade () Desempenho das Entregas

() Flexibilidade () Inovação Tecnológica ()
- A empresa trabalha com desenvolvimento de fornecedores? Quais requisitos são analisados? Exige-se algum tipo de certificação?
- Possui certificação ISO série 9000? Qual? E QS 9000?
- Quanto a ISO série 14000? Existe alguma preocupação?

INFORMAÇÕES SOBRE TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO UTILIZADAS NA EMPRESA

TECNOLOGIAS	UTILIZA		UTILIZA DESDE QUANDO	REPRESENTA		VANTAGENS E BENEFÍCIOS	PROBLEMAS E DIFICULDADES	METAS FUTURAS	O.B.S. ADICIONAIS
	SIM	NÃO		QTDE	% TOTAL				
MFC									
MFA									
MFCNC									
DNC									
AGV									
ROBÓS									
GT									
FMS									
CAE									
CAD									
CAM									
CAPP									
CIM									
MTS									
ATO									
MTO									
ETO									

SISTEMAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE UTILIZADOS NA EMPRESA

SISTEMAS	UTILIZA		UTILIZA DESDE QUANDO	VANTAGENS E BENEFÍCIOS	PROBLEMAS E DIFICULDADES	METAS FUTURAS	O.B.S. ADICIONAIS
	SIM	NÃO					
MRP							
MRP II							
ERP							
JIT							
KANBAN							
TOC							
CEP							
FMEA							
QFD							
5S							
TQC							
TQM							
ISO 9000							
QS 9000							
ISO 14000							

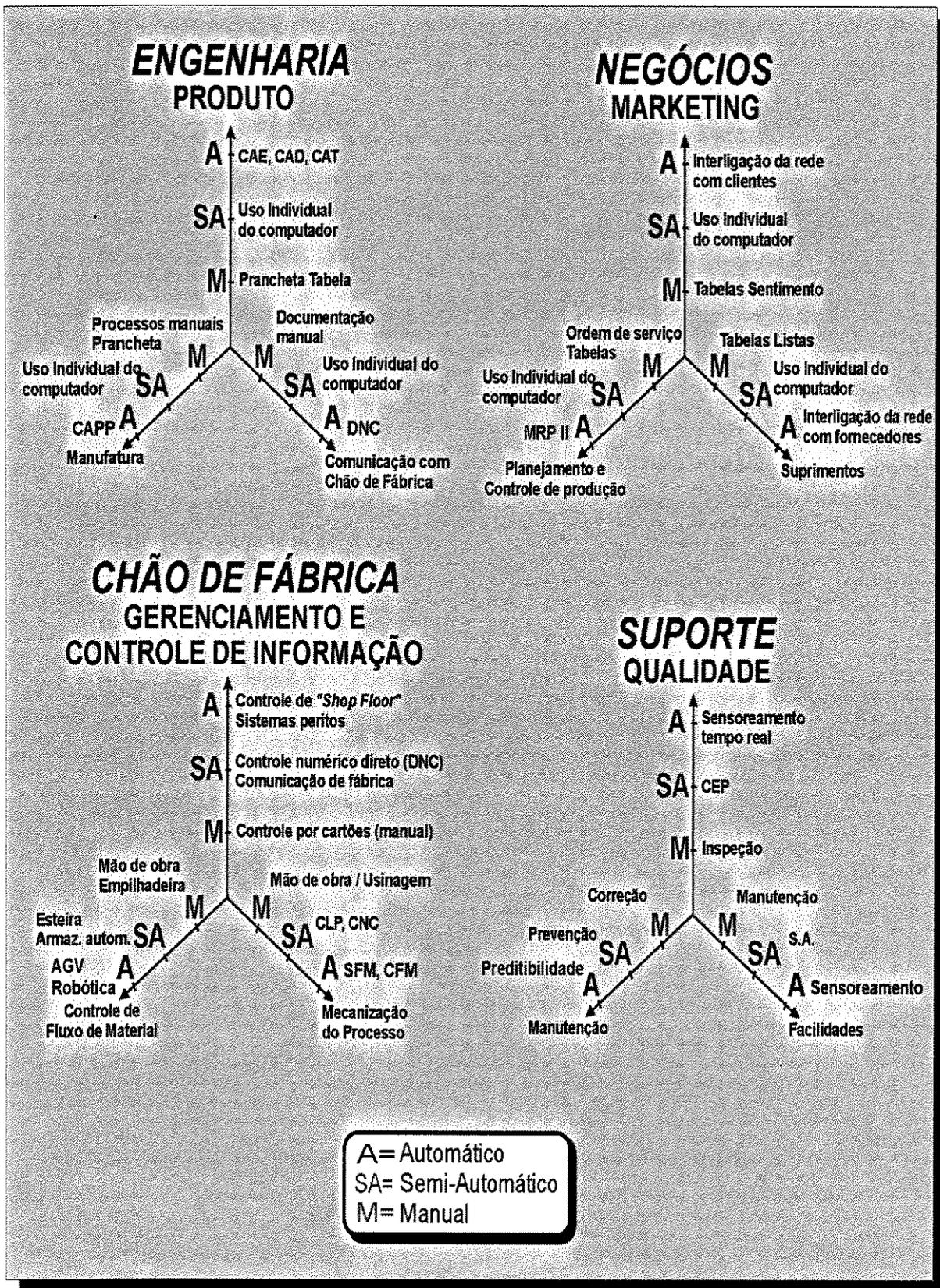
ANEXO II

PRODUTIVIDADE TOTAL DA MÃO-DE-OBRA POR SETOR
(FATURAMENTO POR FUNCIONÁRIO POR ANO - EM US\$)

SETOR	EUROPA			JAPÃO			ESTADOS UNIDOS			BRASIL		
	ANO	ANO	%	ANO	ANO	%	ANO	ANO	%	ANO	ANO	%
	US\$	US\$	93/84	US\$	US\$	93/84	US\$	US\$	93/84	US\$	US\$	93/84
REFINAÇÃO PETRÓLEO	673.594	746.044	11	1.685.094	1.686.271	0	390.973	520.056	33	344.770	299.276	-13
FUMO *	128.858	192.842	50	428.291			121.092	183.510	52	31.984	234.135	632
MAT.ESC./INFORMÁTICA *	111.563	219.651	97	124.658	212.601	71	73.841	156.421	112	39.899	190.763	378
QUÍMICA *	122.151	266.204	118	231.588	436.401	88	129.107	180.662	40	79.055	186.293	136
PERFUM./HIGIENE	66.653	257.792	287	201.994	317.270	57	114.719	194.387	69	50.713	144.073	184
FARMÁCIA/VETERINÁRIA	74.449	182.045	145	156.645	470.856	201	93.941	175.319	87	49.802	141.378	184
AUTO PEÇAS	102.463	235.811	130	184.799	501.648	171	95.643	169.442	77	50.504	131.514	160
VIDRO *		118.988			530.763		112.520	150.059	33	25.313	121.779	381
ELETROLETRÔNICA	58.051	170.884	194	129.818	235.262	81	72.298	127.764	77	34.255	119.895	250
BEBIDAS *	88.499	114.577	29	211.226	675.710	220	143.751	150.960	5	44.091	116.522	164
MINERAÇÃO	81.277			765.607			181.629	118.401	-35	46.921	109.097	133
BORRACHA/PLÁSTICOS	77.092	134.400	74	118.603	182.910	54	100.571	107.937	7	35.947	104.117	190
ALIMENTOS	113.696	194.375	71	278.746	574.339	106	146.412	175.494	20	52.694	102.260	94
METALÚRGICA	92.717	174.497	88	143.029	480.857	236	123.198	169.894	38	47.507	98.758	108
PRODS. METALÚRGICOS		141.929			480.025			158.387			84.012	
MAT. TRANSPORTE	50.932			90.514			99.032	117.724	19	36.666	72.434	98
PAPEL/MADEIRA	81.675	201.635	147	233.360	802.003	244	129.497	174.010	34	32.918	68.069	107
EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS		184.635			367.899			128.163			57.562	
EDITORIAL/GRÁFICA	73.035	136.010	86	218.481	371.357	70	92.156	189.073	105	23.419	54.303	132
TEXTIL	61.079			152.203	291.832	92	62.577	95.720	53	22.879	52.728	130
CONFECÇÕES		110.564					52.845			15.384	27.524	79
MÉDIA (GERAL)	121.046	224.360	85	307.960	360.034	17	122.937	172.132	40	56.041	101.897	82

Fontes: Revistas Fortune, Melhores e Maiores (Exame) e Schedule (Joambell M. Marques), 1995

* Nestes setores o Brasil já é competitivo



Modelo de Integração da Manufatura (AGOSTINHO, 1993)