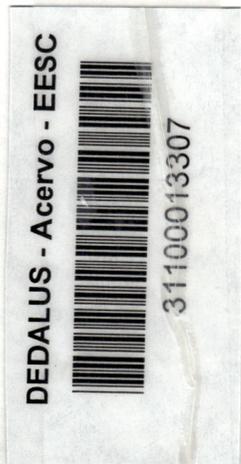


Class: _____
Cód: _____
Nome: _____

✓

APLICABILIDADE DOS SISTEMAS DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA PESADA DE BENS DE CAPITAL SOB ENCOMENDA DE PRODUTOS NÃO REPETITIVOS



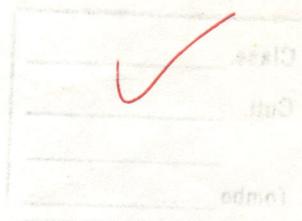
Renan Del Bel Russo

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

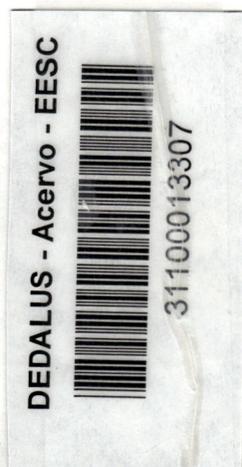
ORIENTADOR: Prof. Dr. José Benedito Sacomano

São Carlos
1997





**APLICABILIDADE DOS SISTEMAS DE PLANEJAMENTO
E CONTROLE DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA PESADA
DE BENS DE CAPITAL SOB ENCOMENDA DE
PRODUTOS NÃO REPETITIVOS**



Renan Del Bel Russo

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Benedito Sacomano

São Carlos

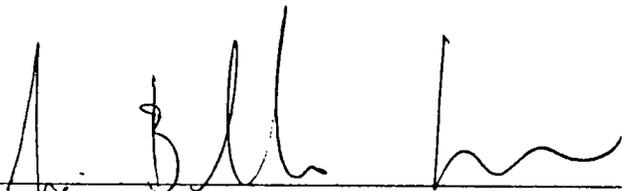
1997



FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Engenheiro **RENAN DEL BEL RUSSO**

Dissertação defendida e aprovada em 30-7-1997
pela Comissão Julgadora:



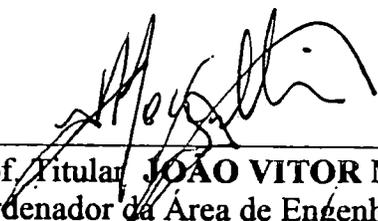
Prof. Doutor **JOSE BENEDITO SACOMANO (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



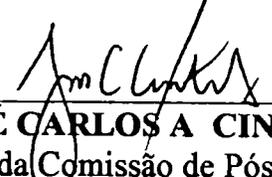
Prof. Doutor **EDSON WALMIR CAZARINI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Doutora **ROSANGELA MARIA VANALLE**
(Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP)



Prof. Titular **JOAO VITOR MOCCELLIN**
Coordenador da Área de Engenharia de Produção



JOSÉ CARLOS A CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

À minha esposa Vera,
e aos queridos filhos
Renan e Rafael, meus
grandes incentivadores.

AGRADECIMENTOS

À direção da Sade Vigesa Industrial e Serviços S/A, pelo estímulo e incentivo à realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Benedito Sacomano pela orientação e grande ajuda na elaboração desta dissertação.

Aos professores dos Departamentos de Engenharia de Produção e de Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia de São Carlos, pelos ensinamentos, incentivos e apoio concedidos durante esta pesquisa.

A todos os colegas e funcionários da Sade Vigesa que colaboraram na concretização deste estudo.

À minha esposa Vera, pelo incentivo, apoio incondicional e cooperação constante para completar este texto.

A todos que indiretamente contribuíram de várias formas para a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 - APRESENTAÇÃO	1
1.1 - Globalização das Economias	1
1.2 - Um breve histórico dos Sistemas de Produção	2
1.3 - Objetivo do Trabalho	5
1.4 - Metodologia	6
1.5 - Conteúdo da Dissertação	7
2 - CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	8
2.1 - Tipos de Indústria	9
2.1.1 - Tipo Contínuo	9
2.1.2 - Tipo Intermitente	10
2.2 - Tecnologia de Produção	15
2.2.1 - Projeto do Produto	15
2.2.2 - Volume de Produção	18
2.2.3 - Variedade de Produtos	18
3 - SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO - SAP	21
3.1 - PCP Convencional	23
3.1.1 - Funções Principais	24
3.1.1.1 - Planejamento de Longo Prazo	24
3.1.1.2 - Planejamento Agregado da Produção	26
3.1.1.3 - Plano Mestre da Produção	26

3.1.1.4	- Planejamento de Materiais	27
3.1.1.5	- Emissão de Ordens	30
3.1.1.6	- Planejamento da Capacidade	31
3.1.1.7	- Programação	33
3.1.1.8	- Liberação	34
3.1.1.9	- Controle	35
3.1.1.10	- Replanejamento e Reprogramação	36
3.1.2	- Informações Fundamentais	37
3.1.2.1	- Desenhos	37
3.1.2.2	- Especificações	37
3.1.2.3	- Lista de Materiais	38
3.1.2.4	- Processos de Fabricação	38
3.1.2.5	- Máquinas e Equipamentos	38
3.1.2.6	- Cronogramas de Fabricação	38
3.1.2.7	- Tempos de Operação e Preparação	40
3.1.2.8	- Estoques	40
3.1.2.9	- Plano de Produção	41
3.2	- MRP II - Planejamento dos Recursos de Manufatura	42
3.2.1	- Elementos Básicos	43
3.2.1.1	- Lista de Materiais	43
3.2.1.2	- Arquivos e Bancos de Dados	45
3.2.1.3	- Status do Item em Estoque	46
3.2.1.4	- Demanda Independente	47
3.2.1.5	- Demanda Dependente	47
3.2.1.6	- Itens Pais e Filhos	48
3.2.1.7	- Estruturas do Produto	48
3.2.1.8	- Lead Time	49
3.2.1.9	- Necessidades Brutas	49
3.2.1.10	- Necessidades Líquidas	49
3.2.2	- Descrição do Funcionamento	49
3.2.3	- Software	53
3.2.3.1	- Módulo de Planejamento Mestre de Produção	53

3.2.3.2 - Módulo de Cálculo de Materiais	54
3.2.3.3 - Módulo de Cálculo de Capacidade	54
3.2.3.4 - Módulo de Controle de Produção	54
3.3 - JIT - Produção Just in Time	55
3.3.1 - Filosofia, Conceitos e Pressupostos	55
3.3.2 - Elementos da Produção JIT	60
3.3.3 - O Sistema Kanban	62
3.4 - OPT - Tecnologia da Produção Otimizada	64
3.4.1 - Introdução	64
3.4.2 - Objetivos	65
3.4.3 - Princípios	65
3.4.4 - Funcionamento	69
3.4.5 - Software	70
4 - ESTUDO DE CASO: UMA EMPRESA TÍPICA	72
4.1 - Introdução	72
4.2 - Histórico	73
4.3 - Fluxo de Informações na Manufatura	77
4.3.1 - Desenvolvimento de Negócios	77
4.3.2 - Contratos	79
4.3.3 - Engenharia do Produto	81
4.3.4 - Suprimentos	83
4.3.5 - Engenharia de Processos	85
4.3.6 - Qualidade	87
4.3.7 - Manutenção	91
4.3.8 - Custos Industriais	92
5 - O PRODUTO E SUA CARACTERIZAÇÃO	96
5.1 - Introdução	96
5.2 - Produtos para Geração de Energia Elétrica	97
5.2.1 - Hidrogeradores	99

5.2.1.1 - Principais Componentes de um Hidrogerador	100
5.2.1.1.1 - Estator	100
5.2.1.1.2 - Rotor	101
5.2.1.1.3 - Cruzetas	102
5.2.1.1.4 - Mancais	102
5.2.1.1.5 - Eixo	102
5.2.1.1.6 - Sistema de Refrigeração	103
5.2.1.1.7 - Sistema de Frenagem	103
5.2.1.1.8 - Instrumentos e Acessórios	103
5.2.2 - Turbinas Hidráulicas	104
5.2.2.1 - Principais Componentes de uma Turbina	105
5.2.2.1.1 - Caixa Espiral	106
5.2.2.1.2 - Pré-distribuidor	106
5.2.2.1.3 - Distribuidor	107
5.2.2.1.4 - Tubo de Sucção	110
5.2.2.1.5 - Rotor	110
5.2.2.1.6 - Eixo	112
5.2.2.1.7 - Mancais	112
5.2.2.1.8 - Vedação do Eixo	113
5.2.2.1.9 - Sistema de Lubrificação	113
5.2.2.1.10 - Sistema de Regulação	113
5.2.2.1.11 - Sistema de Pressão	114
5.2.2.1.12 - Válvulas	115
5.2.2.1.13 - Comporta Ensecadeira	115
5.3 - Produtos para Extração de Petróleo	117
5.3.1 - Árvore de Natal Molhada (ANM)	117
5.3.1.1 - Descrição	117
5.3.1.2 - Evolução	118
5.3.1.3 - Tipos	121
5.3.1.3.1 - D.O. - Diver Operated	121
5.3.1.3.2 - D.A. - Diver Assisted	121
5.3.1.3.3 - DLP - Diverless Pull-in	122

5.3.1.3.4 - DLL - Diverless Lay-away	122
5.3.1.3.5 - GLL - Diverless Lay-away Gidelineless	122
5.3.1.4 - Principais Componentes de uma ANM	122
5.3.1.4.1 - Base Adaptadora de Produção - BAP	123
5.3.1.4.2 - Luva Metal-Metal	123
5.3.1.4.3 - Suspensor de Tubulação - ST	123
5.3.1.4.4 - Mandril das Linhas de Fluxo - MLF	123
5.3.1.4.5 - Conjunto Principal da ANM	124
5.3.1.4.6 - Ferramentas	124
5.3.2 - Blow Out Preventer (BOP)	126
5.3.2.1 - Descrição	126
5.3.2.2 - Principais Componentes de um BOP	127
5.3.2.2.1 - Bloco Principal	127
5.3.2.2.2 - Base de Teste do BOP	127
5.3.2.2.3 - Ferramenta de Descida do BOP	127
5.3.2.2.4 - Base de Teste da Ferramenta do BOP	128
5.3.2.2.5 - Caixa de Riser de Teste/Manuseio	128
5.3.2.2.6 - Ferramenta de Manuseio do BOP	128
5.3.2.2.7 - Adaptadores	129
5.3.2.2.8 - Painel Hidráulico	129
5.4 - Produtos Metroviários	130
5.4.1 - Truque Metroviário	130
5.4.1.1 - Estrutura do Truque	130
5.4.1.2 - Sub-conjunto Roda-Eixo (Rodeiro)	131
5.4.1.3 - Demais Componentes	132
5.5 - Equipamentos para Levantamento e Manuseio de Cargas	133
5.5.1 - Ponte Rolante	133
5.5.1.1 - Descrição	133
5.5.1.2 - Principais Componentes da Ponte Rolante	134
5.5.1.2.1 - Caminho de Rolamento	134
5.5.1.2.2 - Carro	134

5.5.1.2.3 - Guincho	135
5.5.1.2.4 - Truques	135
5.5.1.2.5 - Cabine	136
5.5.2 - Portainer	137
5.5.2.1 - Descrição	137
5.5.2.2 - Principais Componentes do Portainer	137
5.5.2.2.1 - Mecanismo de Translação do Portainer	137
5.5.2.2.2 - Mecanismo de Levantamento	137
5.5.2.2.3 - Mecanismo de Basculamento de Lança	138
5.5.2.2.4 - Mecanismo Manipulador	138
5.5.2.2.5 - Cabine de Comando	138
6 - ANÁLISE DOS SAP	139
6.1 - Introdução	139
6.2 - JIT	140
6.3 - OPT	147
6.4 - MRP II	149
6.5 - PCP Convencional	161
7 - CONCLUSÕES	163
7.1 - Estratégia da Manufatura e os Sistemas de Administração da Produção	163
7.2 - Aplicabilidade do MRP II na produção sob encomenda não repetitiva	165
7.3 - Sugestões para futuras pesquisas	168
7.4 - Conclusão final	169
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Evolução dos Sistemas de Produção	4
Figura 2.1 - Sistema Elementar de Produção	8
Figura 2.2 - Tipos de Indústria	13
Figura 2.3 - Características dos Sistemas de PCP	14
Figura 2.4 - Sistemas Produtivos e Produtos	17
Figura 3.1 - Estrutura Genérica de um Redutor	44
Figura 3.2 - Estrutura do Produto	48
Figura 4.1 - Fluxo de Informações no PCP	72
Figura 4.2 - Localização Geral	74
Figura 4.3 - Acesso	74
Figura 4.4 - Layout Geral	76
Figura 4.5 - Sistema da Qualidade	87
Figura 5.1 - Casa de Força de uma Usina Hidroelétrica Típica	98
Figura 5.2 - Classificação das Máquinas Elétricas	99
Figura 5.3 - Desenho em Corte de um Hidrogerador Vertical	104
Figura 5.4 - Desenho em Corte de uma Turbina Hidráulica	116
Figura 5.5 - Desenho em Corte de uma ANM	126
Figura 5.6 - Desenho em corte de um BOP	129
Figura 5.7 - Truque Metroviário	130
Figura 5.8 - Estrutura lateral do Truque	131
Figura 5.9 - Sub-Conjunto Roda-Eixo (Rodeiro)	131
Figura 5.10 - Desenho de uma Ponte Rolante	136
Figura 5.11 - Desenho de um Portainer	138
Figura 6.1 - Layout em forma de U	142
Figura 6.2 - Célula de Eixos (Sade Vigesa)	144
Figura 6.3 - Classificação A,B e C	146
Figura 6.4 - Lotes de Processamento e de Transferência	148
Figura 6.5 - Fluxo Funcional do Sistema Sade Vigesa	159
Figura 7.1 - Processos de Negócios na Manufatura	164

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM	-	Árvore de Natal Molhada
BAP	-	Base Adaptadora de Produção
BCMLF	-	Base de Captura do Mandril da Linha de Fluxo
BOP	-	Blow Out Preventer
BTANM	-	Base de Teste da Árvore de Natal Molhada
CD	-	Custos Diretos
CI	-	Custo Industrial
CIF	-	Custos Indiretos de Fabricação
COFINS	-	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CPM	-	Critical Path Method
DA	-	Diver Assisted
DLL	-	Diverless Lay-Away
DLP	-	Diverless Pull-In
DO	-	Diver Operated
FANM	-	Ferramenta de Descida da Árvore de Natal Molhada
FBAP	-	Ferramenta da Base Adaptadora de Produção
FEANM	-	Ferramenta de Recuperação de Emergência da Árvore de Natal Molhada
FEBAP	-	Ferramenta de Recuperação de Emergência da Base Adaptadora de Produção
FMTANM	-	Ferramenta de Manuseio e Teste da Árvore de Natal Molhada
FTELMN	-	Ferramenta de Energização e Teste da Luva Metal-Metal
GLL	-	Diverless Lay-Away Gidelineless
ICMS	-	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços
IPI	-	Imposto sobre Produtos Industrializados
ISS	-	Imposto sobre Serviços
JIT	-	Just in Time
MLF	-	Mandril das Linhas de Fluxo
MRP	-	Manufacturing Resources Planning

OC	- Ordem de Compra
OP	- Ordem de Produção
OPT	- Optimized Production Technology
PCP	- Programação e Controle de Produção
PERT	- Program Evaluation and Review Technique
PIE	- Plano de Inspeção e Ensaio
PIS	- Programa Integração Social
PVT	- Previsão de Vendas Trimestral
RC	- Requisições de Compra
RIE	- Requisitos de Inspeção e Ensaio
ROV	- Remote Operate Vehicle
RPC	- Relatório de Pedidos em Carteira
SAI	- Sistema de Administração Industrial
SAP	- Sistema de Administração da Produção
ST	- Suspensor de Tubulação

RESUMO

RUSSO, R. D. B. (1997). Aplicabilidade dos sistemas de planejamento e controle da produção na indústria pesada de bens de capital sob encomenda de produtos não repetitivos. São Carlos, 1997. 177 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Atualmente, uma alternativa frequente que as indústrias tem procurado para alcançar os padrões de competitividade exigidos na manufatura de classe mundial, tem sido a adoção de novos sistemas de administração da produção. A minuciosa análise do produto e do funcionamento de uma empresa típica do segmento de bens de capital sob encomenda não repetitiva possibilita a busca de uma metodologia mais adequada à complexa tarefa de administração deste tipo de manufatura. A investigação dos fundamentos dos principais sistemas empregados na função planejamento e controle da produção permite obter os subsídios necessários na avaliação das alternativas. Comparando-se as características do segmento industrial sob foco com a estrutura funcional das técnicas disponíveis, obtem-se o modelo que tem a melhor aplicabilidade nas atividades de planejamento e controle da produção não repetitiva de bens de capital sob encomenda.

Palavras-chave: bens de capital; manufatura; planejamento; produção; sistemas.

ABSTRACT

RUSSO, R. D. B. (1997) The application of production planning and control systems at nonrepetitive heavy capital goods industry. São Carlos, 1997. 177 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

By the end of 20th century, the companies have been continually forced to develop new production management systems in order to achieve a competitive advantage, an imperative condition in new world class manufacturing. First, an analysis of a product and company's way of doing business, typical of nonrepetitive heavy capital goods segment, is necessary in order to determine a methodology suitable to understand the complex task of managing this type of manufacturing. Consequently, only with through knowledge of the main systems used in production planning and control functions is it possible to obtain necessary information to evaluate the best manufacturing system alternative for this industry. The comparison between the industrial segment characteristics and the techniques framework available, allows a nonrepetitive capital goods company to develop a model which can be applied to its production planning and control activities.

Keywords: capital goods; manufacturing; planning; production; systems.

1. APRESENTAÇÃO

1.1 - Globalização das economias

Mudanças dramáticas nas práticas atuais das indústrias manufatureiras estão sendo impostas pelos padrões de competitividade de classe mundial, implicando no aumento de utilização de ativos, maior qualidade, menores custos, maior produtividade, menores tempos de produção, e rápida aprendizagem com os competidores.

As atividades industriais são globais por natureza, o mercado global testa cada empresa diariamente e novos competidores surgem em todos os pontos do globo terrestre. A globalização dos negócios e atividades econômicas tem sido claramente caracterizada por:

- Projeto de produtos mundiais para mercados globalizados;
- Projeto e componentes de produtos fornecidos mundialmente;
- Customização maciça de produtos ao consumidor;
- Diminuição da vida útil dos produtos;
- Sofisticação crescente do consumidor, com nível de educação mais alto, conferindo maior conhecimento sobre especificação e desempenho do produto, assim como maior demanda sobre aspectos tecnológicos;
- Competitividade de produtos em crescimento exponencial;
- Qualidade dos produtos em crescimento exponencial;
- Proliferação da ecocultura, segurança e leis reguladoras do meio ambiente;
- Aumento na velocidade de transação dos negócios, com o tempo e a distância sendo comprimidos pela movimentação eletrônica das informações.

1.2 - Um breve histórico dos sistemas de produção

Na antiguidade, a produção era caracterizada por atividades individuais e energia muscular. Provavelmente discutia-se como produzir rodas, utensílios e blocos para construções.

No século XVIII as condições mudaram radicalmente com a introdução da energia a vapor em substituição à força muscular. O aparecimento da máquina a vapor, de James Watt, em 1764, foi a primeira grande transformação em termos de produção, eliminando o sistema até então vigente. Em 1776, Adam Smith, através de sua publicação *A riqueza das nações*, iniciou a divulgação das vantagens da divisão do trabalho. A manufatura começou a enfatizar a intercambiabilidade de peças. Estas condições anunciaram a Revolução Industrial e iniciaram as dores de cabeças para o gerenciamento. Começaram a aparecer também as literaturas com propostas para a cura destas dores.

No século XIX, com a utilização de invenções eletro-mecânicas, foram estabelecidas as bases para a mecanização das operações.

Os eventos do início do século XX estabeleceram bases mais compatíveis com atitudes mecanicistas. Os experimentos de Frederick W. Taylor (1890) caracterizaram a nova abordagem científica. A partir de observações empíricas, Taylor desenvolveu métodos de trabalho e incentivos salariais para maximização da eficiência das máquinas. Ele segregou o planejamento da execução, estabeleceu o gerenciamento profissional, e seus conceitos foram reconhecidos sob o título de *Administração Científica*.

Uma extensão do método analítico de Taylor foi desenvolvido por Henry L. Gantt (1913), para sequenciar atividades de produção, e é utilizado ainda hoje.

O casal Frank e Lillian Gilbreth (1910) analisaram os micromovimentos para desenvolver operações manuais e iniciaram os estudos de tempos e movimentos.

Nos anos trinta, os trabalhos de Walter Shewhart propiciaram a introdução do controle estatístico. Era necessário garantir a precisão para

intercambiabilidade de peças requeridas pela produção em massa iniciada pelas técnicas de Henry Ford.

Na aplicação do controle estatístico, tornou-se aparente a interação entre os outros fatores envolvidos na manufatura, como projeto do produto, layout, capacidade de trabalho, condições ambientais, materiais e clientes.

Também nesta época, Alfred Sloan estendeu os conceitos de Taylor e Ford para toda a corporação, iniciando a intensa departamentalização das organizações. O paradigma Fordista-Taylorista da produção em massa foi um modelo adotado por muitas empresas no mundo a partir da década de trinta.

A abordagem multidisciplinar para estudo dos sistemas surgiu durante a guerra dos anos quarenta, de origem militar, e tornou-se fundamental nas aplicações industriais, sob a denominação de Pesquisa Operacional.

Na metade deste século, na medida em que foram aperfeiçoadas as técnicas de pesquisa operacional e foram desenvolvidos os computadores, a indústria ingressou em uma era de intensa automação. Conforme TOMAOKA (1991), as máquinas ferramenta de comando numérico computadorizado, os sistemas flexíveis de manufatura e a manufatura integrada constituíram os personagens principais desta era. A automação representou o manuseio e o controle de máquinas automáticas para produção contínua, através de operações sem a intervenção humana. O agrupamento de equipamentos controlados por computador e o desenvolvimento dos robôs industriais alavancaram os sistemas de fabricação flexíveis, com a consequente redução de mão de obra direta não especializada no ambiente de produção industrial.

Nas últimas décadas, tem crescido rapidamente o interesse pelo aperfeiçoamento das técnicas gerenciais. A espetacular produtividade obtida pelas indústrias Japonesas e o chamado estilo gerencial Japonês tornou-se a mais discutida teoria de administração da produção a partir dos anos oitenta. Embora muitas destas práticas sejam dependentes da cultura Japonesa para obter sucesso, importantes contribuições estão sendo

absorvidas por outras organizações em prol do aprimoramento do sistema produtivo.

Mais recentemente, e em especial no Brasil a partir do início dos anos noventa, estamos convivendo com o processo reconhecido como globalização dos negócios e atividades econômicas, caracterizado anteriormente.

Uma das mudanças mais significativas do final do século XX é o deslocamento da economia industrial, representada pela fabricação, para uma economia da informação, representada pelo conhecimento. Os negócios do futuro serão enfatizados nos setores que incluem sistemas de alta tecnologia e modernos serviços de comunicação e informação.

A figura 1.1 mostra os fatos mais importantes no desenvolvimento dos sistemas de produção nos últimos dois séculos.

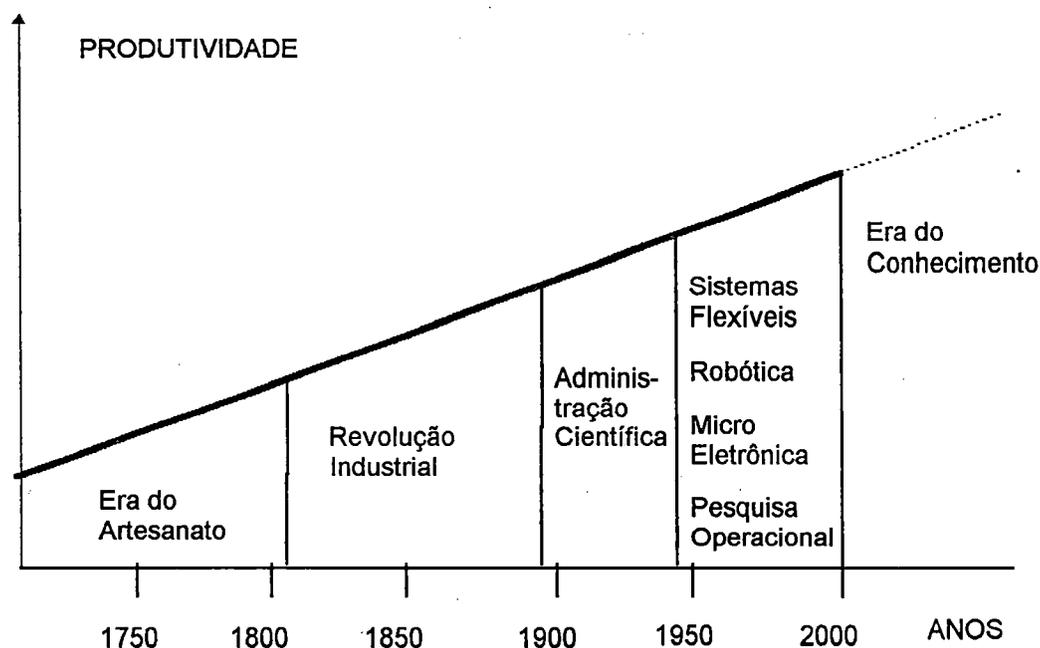


Figura 1.1 - Evolução dos sistemas de produção

1.3 - Objetivo do Trabalho

O Brasil vem dispendendo esforços na busca de uma maior inserção no mercado internacional. O processo de abertura da economia tem contribuído para um razoável aumento do nível de competitividade industrial em vários e importantes setores. As empresas atentas a esta questão, ou simplesmente para sobrevivência, tem encontrado alternativas ou opções possíveis de serem adotadas.

Para PIRES (1994), as duas alternativas mais frequentes tem sido a adoção de novas tecnologias de produção e novos sistemas de administração da produção.

Apesar dos esforços, recente sondagem realizada pela FIESP e amplamente divulgada pela mídia, revela que apenas 10% das companhias de manufatura instaladas no país estão colocadas em posição de desempenho classe mundial.

Por outro lado, importantes pesquisadores na área de Engenharia de Produção tem constatado uma séria lacuna na numerosa literatura a respeito de modernas técnicas de administração da produção : a falta de publicações em língua portuguesa na área.

Assim, a partir do contexto delineado neste capítulo, ressaltando o cenário de competitividade e a conseqüente necessidade de performance a nível internacional para a manufatura, pode-se definir o objetivo deste trabalho como sendo:

Conceituar e propor um sistema para a função planejamento e controle da produção na indústria nacional de bens de capital sob encomenda de produtos não repetitivos, em particular para a indústria que opera sómente sob projeto de equipamentos industriais de grande porte.

Desta forma, o objeto de estudo está circunscrito a um setor da indústria que possui características muito específicas. O produto, como pode-se verificar no capítulo 5, tem dimensões e peso extraordinários, alcançando centenas de toneladas. Em função deste produto, as particularidades do sistema produtivo são muitas e variadas, o ciclo produtivo é longo, da ordem de meses.

Se as publicações em língua portuguesa para os sistemas produtivos mais comuns são falhas, para este tipo de produto elas simplesmente não existem. Mesmo a numerosa literatura internacional a respeito das modernas técnicas de administração da produção está muito voltada para a indústria repetitiva, em particular para a automobilística e eletro-eletrônica.

Nos dias de hoje, sabe-se que o segmento de bens de capital da indústria nacional opera com ociosidade. A preocupação, porém, não é com a atualidade. A questão é a preparação para um futuro que se espera de maior demanda neste segmento. Neste contexto, a contribuição deste trabalho é na maximização da utilização deste parque fabril nacional, através da aplicação de técnicas de gerenciamento da manufatura, específicas para este setor da indústria, que possam estar facilmente organizadas e disponíveis, e conseqüentemente possam ser rapidamente implementadas.

Assim, o objetivo da presente dissertação é caracterizar um sistema de planejamento e controle de produção no tipo de indústria que oferece os maiores desafios à função PCP.

1.4 - Metodologia

A partir de uma extensa pesquisa bibliográfica sobre as técnicas dos quatro principais sistemas de administração da produção, pode-se fundamentar a conceituação e proposição de um sistema de planejamento e controle de produção para o segmento industrial configurado no objetivo deste trabalho.

Estas quatro técnicas representam abordagens importantes e diferentes entre si, são relativamente recentes e tem se difundido rapidamente entre as empresas que necessitam aumentar seu poder de competitividade. São elas:

PCP Convencional - Planejamento e Controle de Produção tradicional;

MRP II (Manufacturing Resources Planning) - Planejamento dos Recursos de Manufatura;

JIT - Produção Just in Time;

OPT (Optimized Production Technology) - Tecnologia de Produção Otimizada.

Em adição, será aproveitada a experiência obtida pelo autor do presente estudo, em uma das maiores indústrias do país, reconhecida pela vanguarda tecnológica e gerencial com que atua no segmento de bens de capital sob encomenda não repetitiva no Brasil.

Acredita-se que esta metodologia possa evitar dois extremos inadequados apontados por THIOLENT (1983) na investigação científica. Um deles, o empirismo, trata a pesquisa como uma coleção de dados sem apoio teórico. Por outro lado, o formalismo se baseia em excesso de teorias sem observação do real.

1.5 - Conteúdo da Dissertação

Esta dissertação está organizada em capítulos, que possuem correlação entre si e entre o objetivo da mesma, estando sumarizados a seguir.

O capítulo 1 faz uma apresentação do cenário globalizado e dos consequentes desafios impostos à manufatura, identifica o objeto de estudo e define o objetivo do presente trabalho.

Os capítulos 2 e 3 fazem uma extensa revisão da bibliografia, abordando os conceitos teóricos para embasamento da proposição.

Os capítulos 4 e 5 discorrem sobre as atividades e os produtos de uma empresa típica do setor industrial que está sob o foco de atenção.

O capítulo 6 analisa e discute a aplicação dos sistemas de planejamento e controle de produção para o caso em questão.

O capítulo 7 apresenta as principais conclusões do estudo realizado e sugere temas para futuras pesquisas na área.

2. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

A pesquisa bibliográfica para a classificação dos sistemas de produção oferece um vasto universo de critérios propostos por seus autores. Na exposição a seguir, estão selecionadas as classificações que permitem distinguir dois aspectos importantes que estão relacionados com este trabalho, ou sejam:

- O tipo de manufatura exerce forte influência na escolha estratégica do Sistema de Administração da Produção (SAP). Tipos diferentes de manufatura requerem SAP's diferentes.
- Situar a manufatura de bens de capital sob encomenda de produtos não repetitivos no contexto geral dos sistemas de produção.

A mais elementar definição de produção é reconhecida como sendo um processo de transformação, através do qual produtos ou serviços são gerados, podendo ser representado pela figura a seguir.

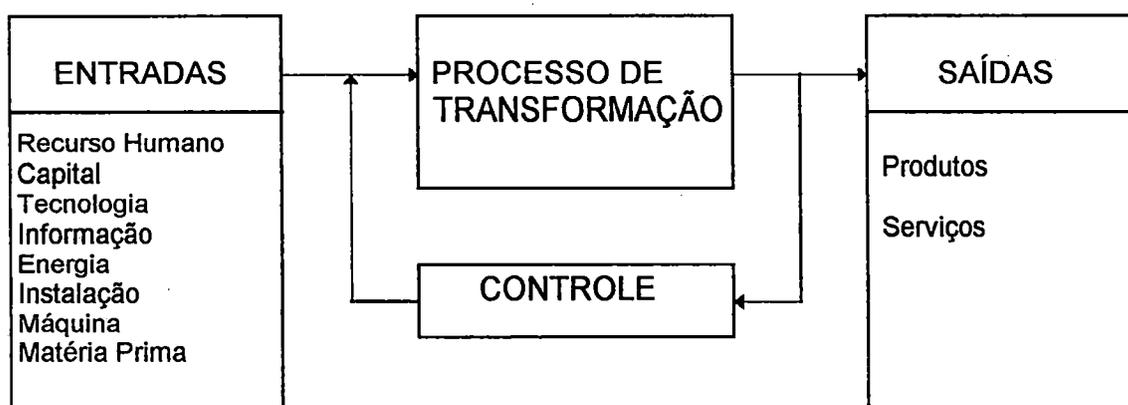


Figura 2.1 - Sistema elementar de produção

Na figura 2.1, observa-se que os Sistemas de Produção combinam fatores como materiais, informações, mão-de-obra, energia, equipamentos,

recursos financeiros, instalações , através de um processo organizado, com o objetivo de oferecer ao mercado algum produto ou serviço. Assim, os Sistemas de Produção podem ser identificados como fábricas, bancos, escritórios, supermercados, hospitais, consultórios, clínicas, lojas, etc. Em todos esses casos, as entradas (matéria-prima, componentes, clientes, informações, etc.) são processadas pelo sistema, de alguma forma, através de uma série de operações ou atividades, resultando nas saídas, de bens ou serviços, representados por produtos fornecidos ou serviços prestados a clientes, dependendo da situação considerada. As saídas de um Sistema de Produção têm por finalidade atender às necessidades de consumidores, que caracterizam a demanda do mercado.

2.1 Tipos de Indústrias

A classificação dos sistemas de produção em função do fluxo do produto conduz a uma diferenciação fundamental entre as indústrias, permitindo agrupá-las em duas grandes categorias: indústria do tipo contínuo e indústria do tipo intermitente.

2.1.1 Tipo Contínuo

Nas indústrias do tipo contínuo os equipamentos executam continuamente as mesmas operações e o fluxo de materiais apresenta desprezíveis interrupções entre os postos de trabalho até chegar ao estoque de produtos acabados.

Este tipo de indústria admite uma subclassificação, podendo ser melhor analisado na seguinte subdivisão:

- produção em massa
- processo contínuo

Na produção em massa, caracterizada pelas linhas de montagem e fabricação em grande escala, os produtos apresentam nível de diferenciação relativamente pequeno. É o caso da indústria automobilística, da indústria eletrônica, da indústria de eletrodomésticos, etc.

A produção em massa é chamada de pura quando existe um linha de fabricação específica para um produto final. Quando adaptações na linha permitem a fabricação de produtos com algumas diferenças entre si, passa a ser chamada de produção em massa com diferenciação.

As indústrias de processo contínuo, representadas pelas fábricas de aço, papel, química, etc., são caracterizadas pela elevada automatização, alto grau de padronização e baixa diferenciação nos produtos.

De forma geral, as indústrias do tipo contínuo são caracterizadas por uma alta eficiência e baixa flexibilidade. A utilização intensiva de equipamentos, em substituição ao trabalho humano, bem como a padronização de tarefas altamente repetitivas conduz à essa eficiência.

Os grandes volumes de produção são requeridos para amortizar o investimento em equipamentos especializados. Desta maneira, é difícil modificar tanto a linha de produtos como o volume de produção, conduzindo a uma certa inflexibilidade.

2.1.2 Tipo Intermitente

Nas indústrias do tipo intermitente os equipamentos apresentam variações frequentes de trabalho, motivadas pela diversidade de produtos ou pelo reduzido tamanho dos lotes fabricados.

Ao término da fabricação do lote de um produto, outros produtos ocupam os equipamentos de produção. O produto inicial só voltará a ser produzido depois de algum tempo, caracterizando assim uma fabricação intermitente de cada um dos produtos.

Neste tipo pode-se distinguir duas subdivisões:

- fabricação por encomenda de produtos diferentes;
- fabricação repetitiva dos mesmos lotes de produtos.

Na fabricação por encomenda, que é feita de acordo com a especificação do cliente, todas as atividades só são iniciadas após ter sido vendido o produto. Conseqüentemente, os produtos serão diferentes e a sequência de operações de fabricação variará de um produto para outro. O

fluxo de materiais será variável com o produto e por isso prefere-se agrupar as máquinas de acordo com sua função.

Na fabricação repetitiva dos mesmos lotes de produtos, pode-se ter as mesmas características de fluxo existente na fabricação por encomenda, mas aparecem simplificações resultantes da repetitividade dos lotes. Pode-se, por exemplo, estudar qual é a linha predominante de fluxo para dispor o equipamento nesta linha e pode-se planejar melhor o processo produtivo.

De forma geral, na indústria do tipo intermitente, os equipamentos e a mão de obra são organizados em centros de trabalho por tipo de habilidades.

Este tipo de agrupamento define o arranjo físico conhecido como funcional, ou por processo. O fluxo de produção ocorre de forma irregular, de um centro de trabalho a outro. O equipamento utilizado é do tipo genérico, que permite adaptações dependendo das características particulares de cada produto.

Esta flexibilidade exige uma mão de obra mais especializada, devido às constantes mudanças em preparação, calibrações, ferramentas e acessórios. Por outro lado, o tempo aplicado nestes constantes rearranjos de equipamentos conduz a uma relativa ineficiência.

A flexibilidade obtida com a utilização de equipamentos genéricos acarreta também outras situações adversas, em particular com o controle de estoques, com a programação da produção e com a qualidade. Se a fábrica estiver operando próximo à plena capacidade, haverá muito material em processamento, ocasionando o aumento do tempo de produção.

Na produção para grandes projetos não existe, a rigor, um fluxo de produto. Cada projeto constitui um único produto, e nesse caso apresenta-se uma sequência de atividades ao longo do tempo, em geral de longa duração. A principal característica dos projetos é o seu elevado custo e a dificuldade gerencial no planejamento e controle. A construção de edifícios e a produção de navios e aviões constituem exemplos de grandes projetos.

O tipo de indústria influencia os mais variados aspectos de um sistema de administração da produção. A figura 2.2 fornece um sumário

destas influências. A influência do tipo de indústria sobre o planejamento do processo produtivo e sobre a programação e controle da produção está resumida na figura 2.3. Estas tabelas revelam claramente a necessidade de sistemas de planejamento e controle da produção específicos para cada tipo de indústria.

Tipos de Indústria	Tipo Contínuo	Tipo Intermitente
Características	Produz relativamente grande volume e pequena variedade de produtos. Regime de produção pouco flexível.	Produz grande variedade de produtos em pequenos volumes. Regime de produção muito flexível.
Exemplos	Indústrias químicas, usinas de aço, linhas de montagem.	Máquinas e equipamentos industriais pesados.
Previsão de vendas	Relativamente fácil, para um período de um ano ou mais.	Em geral, para poucos meses.
Projeto do produto	Estudado com grande detalhe antes de iniciar a produção. Alterações pouco frequentes no projeto do produto.	É frequentemente alterado durante a produção. O produto é projetado de forma a poder ser executado com o equipamento disponível.
Equipamento	Especialmente projetado. Poucas ajustagens das máquinas. Necessita de grande manutenção preventiva. A carga de trabalho das máquinas é uniforme.	Do tipo universal. Ajustagens muito frequentes. Carga de trabalho das máquinas sujeita a variações.
Fluxo	Altamente mecanizado, distâncias pequenas, equipamentos com propósito único, material movido continuamente de uma operação para outra.	Feito com equipamento flexível, geralmente com pouca repetição; necessita de corredores e passagens entre o equipamento. É necessário instruir sobre "o que" e "para onde" mover.
Material	Consumo pouco variável de material, mínimo de material em processamento, sem bancos entre operações.	Materiais de grande variedade se acumulam, geralmente, em cada operação; estoque em processo relativamente grande.
Pessoal	Operários pouco especializados executam sempre a mesma tarefa; pessoal altamente qualificado planeja o processo produtivo e estuda o produto.	Operários especializados têm trabalho variado. Há necessidade de determinar a cada dia, que tarefas devem ser executadas.
Operações	Frequentes as operações altamente repetitivas	Operações muito variadas requerem instruções frequentes.

Figura 2.2 - Tipos de Indústria - adaptado de ZACCARELLI (1990)

Sistemas de PCP	Sistema de PCP para produção altamente repetitiva	Sistema de PCP para produção sob encomenda
Complexidade	Relativamente simples, mas pequenas falhas têm grande repercussão no lucro	Relativamente complexo, as falhas têm pequena repercussão no custo.
Planejamento do processo produtivo (Preparação de informações técnicas para a execução, programação e controle das operações)	Feito antes da venda do produto. Deve dispor de informações precisas sobre os tempos de processamento, velocidade de transporte, custo de operação, característica dos materiais, etc.	Feito quase todo após a venda do produto. Como o produto varia muito, deve dispor de elementos para calcular com rapidez os tempos de processamento, estimativa de custos e para determinar o melhor roteiro para as operações
Programação da Produção	Feita, principalmente, com base na previsão de vendas. Programa o nível geral de atividade	Feita com base nos pedidos recebidos. Programa cada operação.
Ordens de produção (Documentos para instruir, autorizar e controlar as operações)	Poucas e simples. Pequeno número de impressos.	Muitas e complexas. Para cada item com respectivas requisições de material e ferramentas, instruções para inspeção, etc.
Estoques	Planejados em função da programação.	Apenas parte dos materiais são mantidos em estoque os demais são adquiridos para atender aos pedidos específicos.
Liberação da produção (Distribuição das ordens de produção)	Muito simples	Complexa e de grande importância.
Controle de custos	Pouco trabalhoso	Muito trabalhoso

Figura 2.3 - Características dos sistemas de PCP
baseado em ZACCARELLI (1990)

2.2 TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

Um outro aspecto que afeta a complexidade dos sistemas de administração da produção e os métodos de controle que devem ser usados, são as diferenças nos tipos de produção realizados em uma fábrica. Segundo BURBIDGE (1990), os principais fatores que afetam esta complexidade são:

Projeto do produto;

Volume da produção; e

Variedade de produtos, componentes e materiais usados.

2.2.1 Projeto do Produto

Uma importante característica do projeto do produto, que afeta a atividade de controle da produção, é a condição do produto ser “padrão” ou “especial”.

Se o produto é padrão, ou seja, é feito de acordo com a mesma especificação-padrão, o controle da produção é, geralmente, mais simples que em produto especial. Para produto padronizado, os dados relativos à sua produção podem ser também padronizados e o controle da produção pode usar esses mesmos dados todas as vezes que o produto é fabricado. Com produtos especiais, feitos de acordo com especificações dos clientes, ou especialmente projetados para diferentes clientes; a maioria dos dados de produção é nova para cada pedido. Neste caso, é comum encontrar o controle da produção e o planejamento da fábrica combinados em um setor de “planejamento e controle da produção”, para acelerar as atividades concernentes.

Abordando esta questão de projeto do produto, WEMMERLOV (1984) propõe uma classificação em três tipos básicos, conforme se segue:

- **Produção para estoque (“Make to Stock”) :**

Caracteriza os sistemas que fabricam produtos padronizados, baseados em previsões de demanda. Nesse caso nenhum produto customizado é produzido, porque a comercialização é feita com base no

estoque de produtos acabados. Isso significa que a interação dos clientes com o projeto do produto, na fase de fabricação, raramente ocorre.

Estes sistemas têm como principal vantagem a rapidez na entrega dos produtos, mas os custos com estoques tendem a ser grandes.

Para BUFFA & SARIN (1987), estes sistemas são focalizados no produto ("product-focused"), tornando-se capazes de produzir produtos padronizados em grandes volumes. Têm como maior característica a alta produtividade e elevada produção. 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.

- **Montagem sob encomenda** ("Assemble to Order") :

Caracteriza os sistemas onde 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 existe, porém é limitada.

Nestes sistemas 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** ("Make to Order") :

Caracteriza os sistemas onde o projeto básico pode ser desenvolvido a partir dos contatos iniciais com o cliente, mas a etapa de fabricação 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.

Nestes sistemas os produtos são projetados a partir de especificações básicas e adequadas à necessidade de cada cliente, conduzindo a uma situação de rara fabricação de um mesmo produto por

mais de uma vez. Os tempos de entrega tendem a ser de médio a longo prazo e as listas de materiais são usualmente únicas para cada produto.

Pela ótica de BUFFA & SARIN (1987), estes sistemas focalizados no processo ("process-focused"), sendo adequados para produzir de acordo com as especificações dos clientes, ou seja, voltados para a produção de produtos **customizados**. Têm como maior característica a flexibilidade produtiva.

São representados principalmente pelos tradicionais layouts por processos funcionais ("job shop"), consistindo no agrupamento de máquinas com capacidades similares (grupo de tornos, fresadoras, mandriladoras, prensas, etc.).

Combinando estas classificações, BUFFA & SARIN apresentam uma tabela com exemplos, demonstrada a seguir.

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

Figura 2.4 - Sistemas Produtivos e Produtos (BUFFA & SARIN 1987)

2.2.2 Volume de Produção

O segundo fator com efeito sensível sobre o controle da produção é o volume de produção. Em geral, o controle da produção tende a ser mais eficiente com altos do que com baixos volumes de produção. O trabalho necessário para planejar, dirigir e controlar o suprimento de materiais para uma produção de dez produtos por período costuma ser quase o mesmo que é necessário para uma produção de mil unidades no mesmo período. Os mesmos processos podem ser aplicados em ambas as situações.

2.2.3 Variedade de Produtos

Finalmente, o terceiro fator que afeta o controle da produção é a variedade de diferentes produtos, componentes e materiais que estão envolvidos no processo de transformação abordado na figura 2.1.

Para uma variedade muito grande de itens que devem ser planejados, dirigidos e controlados, é natural que o controle da produção seja muito mais complicado e difícil do que o controle sobre uma pequena variedade.

As proporções entre o número de variedades distintas em diferentes etapas da produção e os produtos acabados, componentes e itens de material são também importantes para o controle da produção. Em geral, três tipos principais de sistema de produção, variando em função dessas proporções, são identificados e conhecidos como:

- Sistemas implorivos
- Sistemas de processo
- Sistemas explosivos

Os **sistemas implorivos** tem como entrada uma pequena variedade de materiais diferentes e como saída produzem uma grande variedade de componentes distintos. Exemplos típicos podem ser encontrados em fundições que fazem muitas peças fundidas diferentes a partir de pequena variedade de tipos distintos de ferro gusa, sucatas e outros itens gerais. Outro exemplo é uma empresa que faça grande variedade de ferramentas a

partir de uma pequena variedade de barras de aço de diferentes tamanhos. Muitas fábricas que fazem produtos soldados são também altamente implosivas, fabricando grande variedade de produtos a partir de pequena variedade de chapas de aço de diferentes dimensões.

Neste caso o problema de controle da produção associado à emissão de ordens para os materiais é relativamente simples.

Os **sistemas de processo** são aqueles que começam com pequena variedade de diferentes materiais e produzem uma variedade igualmente pequena de produtos finais distintos. Exemplos típicos podem ser encontrados em uma fábrica de cimento, e na indústria química.

Nessas indústrias o planejamento é ainda importante, a emissão de ordens é relativamente simples e, como a maioria delas é mecanizada e tem fluxo linear, não há problemas de emissão de instruções para fabricação ou liberação da produção. O controle da produção em tais indústrias é muito simples.

Os **sistemas explosivos** começam por uma grande variedade de diferentes componentes e os transformam numa pequena variedade de diferentes produtos. Um exemplo típico de sistema explosivo encontra-se na linha de montagem. Nesse caso, a programação é de vital importância, o suprimento, que se preocupa tanto com o processamento quanto com o fornecimento de materiais é extremamente complexo, e a expedição é uma atividade importante do controle da produção.

Muitos dos mais complexos sistemas industriais são combinações de todos esses três sistemas. Numa manufatura de produção em série, por exemplo, haverá alguns sistemas de implosão, como aqueles de uma fundição e de um departamento de fabricação. Poderá haver alguns elementos de sistemas de processos, como no caso de linhas de produção para a fabricação de componentes importantes, mas o principal sistema será explosivo, unindo grandes quantidades de componentes fabricados e

adquiridos, de modo que forme uma pequena variedade de produtos acabados. Esses sistemas combinados são geralmente os mais complicados no que se refere ao sistema de administração da produção.

3. SISTEMAS DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO - SAP

Os Sistemas de Administração da Produção (SAP) tem o objetivo básico de planejar e controlar o processo da manufatura, e são sistemas que geram informações para administradores tomarem decisões.

Para CORRÊA & GIANESI (1993), as decisões suportadas pelos SAP afetam o desempenho dos principais critérios competitivos da manufatura que são: custos, qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade.

O relacionamento dos SAP com cada um deles está abaixo sumarizado.

Os SAP e os custos

Custos baixos de manufatura sempre terão influência estratégica, permitindo competir com preços mais baixos ou maiores margens de lucro, com a conseqüente possibilidade de reinversão de investimentos para vantagem competitiva futura.

Os custos são afetados pelos SAP, já que estes são responsáveis pela forma com que os recursos da manufatura são utilizados, e pela qualidade das informações que geram decisões.

Os SAP e a qualidade

O planejamento da redução das imperfeições detectadas e registradas pelos SAP pode contribuir na priorização e nas decisões de alocação de recursos para a melhoria contínua da qualidade do processo. Imunizar o processo à ocorrência de falhas similares futuras é um papel importante no atingimento de níveis de qualidade do produto.

Os SAP e a velocidade de entrega

Mover informações e materiais de forma ágil, com prazos curtos de atendimento a clientes, é um dos mais importantes critérios competitivos dos mercados atuais.

O tempo de entrega percebido pelo cliente deve ser através da velocidade de fluxo, por um sistema ágil e enxuto, sem a necessidade de utilizar altos níveis de estoques.

Os SAP tem papel importante na determinação dos tempos do ciclo de um processo produtivo. A maior parte do tempo gasto pelas ordens de produção é aguardando processamento. Este tempo é função da forma como as ordens são sequenciadas e programadas pelos SAP. Portanto, uma adequada programação pode reduzir muito os tempos de fluxo dos materiais pelo sistema produtivo.

Os SAP e a confiabilidade de entrega

Os SAP têm importante papel a cumprir no aumento da confiabilidade de sistemas de manufatura, através de cinco prescrições para o aumento desta confiabilidade: planeje à frente, controle a ocupação dos recursos, monitore o progresso das operações, aumente a flexibilidade dos recursos, desenvolva os fornecedores internos, como se faz com os externos.

A tendência generalizada de redução de estoques, repercute em necessidade de entregas mais frequentes e confiáveis. A confiabilidade de um processo produtivo traz vantagens significativas, propiciando uma preciosa estabilidade, baseada na qual as melhorias do processo podem ser planejadas e executadas.

Os SAP e a flexibilidade

Sendo flexibilidade a capacidade dos sistemas de produção responderem eficazmente a mudanças não planejadas, os SAP tem grande influência no aumento deste atributo.

A capacidade de resposta do sistema de produção, tanto para atender solicitações de mudança na demanda dos clientes, como para responder a mudanças relativas ao fornecimento de insumos e ao processo em si, está intimamente ligada ao SAP.

Um SAP adequado não garante, por si só, o sucesso competitivo de uma organização, mas certamente é condição necessária para tal. Os sistemas produtivos dependem da interação de todos os seus componentes.

Estes componentes são estruturais, como as pessoas, equipamentos e instalações; e são infra-estruturais, como os SAP.

Nas últimas décadas surgiram três importantes sistemas, que ao lado de um sistema mais antigo e tradicional constituem o foco atual de atenção para os SAP.

A partir da conceituação teórica e conseqüente potencialidade de cada um deles é que deve-se obter os subsídios necessários para definir um sistema que se revele o mais indicado para cumprir o objetivo do presente trabalho.

Para tanto segue uma análise dos seguintes sistemas de administração da produção:

- PCP CONVENCIONAL
- MRP II (Manufacturing Resources Planning)
- JIT (Produção Just in Time)
- OPT (Optimized Production Technology)

3.1 PCP CONVENCIONAL

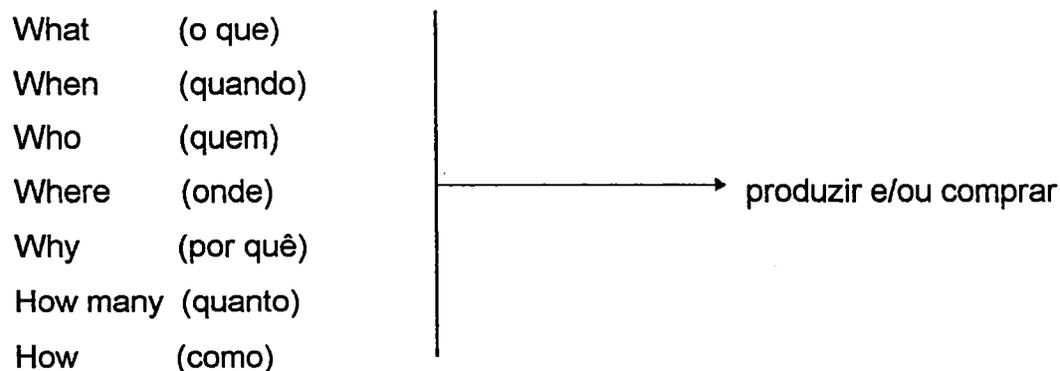
A extensa literatura que trata do Planejamento e Controle da Produção, da forma convencional ou tradicional, de alguma maneira especifica que este sistema desempenha as funções fundamentais da administração da produção, mas é operado manualmente.

Neste ponto é necessário a inserção da questão computador. É inegável que nos dias de hoje qualquer sistema possa ser facilmente apoiado em recursos computacionais. Da mesma maneira, é difícil conceber, atualmente, um sistema operando com fichas manuais de controle, tipo ficha Kardex de estoques, fichas de custos, ficha de acompanhamento da produção, etc.

Portanto, neste trabalho prefere-se conceituar o PCP convencional independentemente da questão computacional.

Para BURBIDGE (1990) o PCP é a função da administração que planeja, dirige e controla o suprimento de materiais e as atividades de processo da empresa, com o objetivo de atingir meta definida pelo plano de vendas. Dentro dessas limitações, procura conseguir a melhor integração possível entre o uso ótimo da mão-de-obra, dos equipamentos e do capital.

Em outras palavras, é função do PCP responder as questões formuladas pelas letras conhecidas em inglês como "5 W e 2 H ", para produzir e/ou comprar.



3.1.1 Funções Principais

Entre os muitos autores que tratam das funções pertinentes a um sistema de PCP, SILVER & PETERSON (1984), apresentam interessantes descrições e análises, as quais sintetizamos a seguir.

3.1.1.1 Planejamento de Longo Prazo

O planejamento de longo prazo é o ponto de referência inicial para o planejamento e controle da produção. Os recursos fabris, como equipamentos, mão-de-obra especializada e capital para investimento em estoque, geralmente, não se tornam viáveis a curto prazo. Portanto, é necessário preparar planos de longo prazo para dimensionamento das capacidades futuras, através de estudos que possibilitem vislumbrar as

dimensões dos negócios empresariais no período futuro. Esses estudos são as predições e previsões.

A análise das futuras condições de mercado e previsão da demanda futura são dados importantes na elaboração de planejamento de longo prazo. Mesmo em indústrias que fabricam produtos sob encomenda, onde é mais difícil uma previsão de demanda, a alta direção pode fazer conjecturas sobre o estado do mercado e o seu impacto nos negócios futuros da empresa e, assim, tirar conclusões importantes para os planos futuros.

Isto significa que este tipo de estudo deve ter um sistema de controle que possa detectar erros, possibilitando constantes revisões e reajustamentos.

As determinações do que se espera acontecer num certo horizonte de tempo no futuro, conforme JOHNSON & MONTGOMERY (1974), podem ser classificadas em previsões e predições.

Nas **previsões**, supõe-se que as causas que serviram de base para a geração de demanda no passado continuam no futuro. Essas previsões, portanto, estão relacionadas com a projeção (extrapolação) de dados passados. São utilizadas quando se possuem dados históricos suficientes que permitam uma descrição estatística do fator em consideração e quando o ambiente que influencia esse fator apresenta características razoavelmente estáveis e conhecidas, tornando lógica a estimativa do futuro, baseando-se no passado e empregando-se um modelo matemático.

Uma série de técnicas fundamentadas em modelos estatísticos, com uma riqueza muito grande de detalhes, inclusive demonstrações matemáticas, pode ser apreciada no trabalho de RESENDE & SACOMANO (1991).

Nas **predições** procura-se, construir relações causais entre situações desconhecidas, com grandes incertezas, e um modelo conhecido. Exemplo típico é a previsão do que vai acontecer, a longo prazo, com a demanda de um produto, tornando-se necessária a utilização de informações de natureza

mais subjetiva. O futuro a longo prazo, provavelmente irá apresentar eventos que, na atualidade, não são entendidos muito bem ou são completamente inesperados, não podendo, assim, considerar o futuro como uma simples extensão do que aconteceu até o presente.

3.1.1.2 Planejamento Agregado de Produção

Elaborado com base no Planejamento de Longo Prazo, o Planejamento Agregado de Produção é um plano de médio prazo que estabelece níveis de produção, dimensões da força de trabalho e níveis de estoques. O período de tempo usado geralmente é de um mês, podendo ter um horizonte de seis a vinte e quatro meses, dependendo da atividade industrial. O planejamento é feito em termos de famílias de itens, isto é, os produtos a serem produzidos não são definidos de forma a terem uma constituição individual e completamente especificada, mas são agregados formando famílias de itens semelhantes.

3.1.1.3 Plano Mestre de Produção

O Plano Mestre de Produção é o plano global de produção para os próximos períodos e, portanto, guia todas as operações de curto prazo. Para a elaboração do Plano Mestre de Produção, toma-se o Plano Agregado de Produção, desagregando-o em uma programação de produtos específicos a serem produzidos em um período particular e em cada setor de trabalho da fábrica.

É conveniente que o plano mestre de produção seja elaborado com base em produtos finais, porém, quando existem diversas combinações de componentes para se obter o produto, pode ser preferível elaborar o plano com base em produtos de níveis intermediários.

Também é importante para um plano mestre prever com bastante exatidão a carga de trabalho da fábrica. Uma técnica usual em ambiente complexo como a fabricação sob encomenda é a utilização de perfis de carga por setores de fabricação, através da avaliação de produtos fabricados anteriormente, idênticos ou semelhantes aos solicitados em

forma e porte, e através de estimativas feitas por técnicos especializados. À somatória dos perfis de carga dos diversos produtos que compõem o plano de produção resultará no perfil de carga da fábrica, por setor de fabricação, em cada período do horizonte de fabricação. Através deste conhecimento prévio, é possível localizar gargalos na produção, viabilizar iniciativas para resolvê-los ou então, estudar um novo plano de produção mais viável para os recursos existentes.

3.1.1.4 Planejamento de Materiais

O planejamento de materiais é a atividade através da qual é feito o levantamento completo das necessidades de materiais para execução do plano de produção. Tem como resultado um plano detalhado de suprimentos, por meio de compras ou fabricação (make or buy), envolvendo todas as matérias-primas e componentes prontos, com as respectivas quantidades e datas de recebimento ou término de fabricação.

Esta atividade é influenciada pela política de estoques da empresa. Segundo varios autores, entre eles HOLSTEIN (1968); ORLICKY (1975); WIGHT (1984), existem duas metodologias fundamentais de controle de estoques, de maior importância quanto à utilização prática:

- ponto de reencomenda,
- encomenda no tempo (time phasing).

As técnicas que se utilizam de um ponto de reencomenda, estão baseadas na quantidade de material em estoque que serve de referência para que seja emitida uma ordem de obtenção de mais material. Isso deve ocorrer toda vez que o estoque disponível atingir um ponto de controle também chamado de nível de reposição.

Neste tipo de controle de estoques destacam-se quatro técnicas, descritas sucintamente a seguir.

a) Controle de Estoques por Encomenda de Quantidade Fixa

Esta técnica se baseia no nível de estoque que origina a necessidade de encomendar uma quantidade pré-determinada, constante e igual às necessidades pré-calculadas para o abastecimento do processo produtivo durante um período de planejamento. A determinação da quantidade por ordem pode ser feita pelo tradicional método do Lote Econômico.

Um equacionamento teórico mais completo sobre o cálculo da quantidade econômica, levando em conta a variação de demanda com o tempo, é apresentado por diversos autores, entre eles SILVER & PETERSON (1984) e HAX & CANDEA (1984), que expõem o método exato através do algoritmo de Wagner-Whitin, o método heurístico de Silver-Meal e outras considerações.

b) Controle de Estoques por Encomenda até um Nível Máximo

Nesta técnica também o reabastecimento é feito toda vez que o nível de estoque cair a um nível igual ou abaixo do ponto de reencomenda. Entretanto, a quantidade por ordem não é necessariamente fixa, sendo encomendado somente o suficiente para o estoque alcançar um nível máximo pré estabelecido. Por essa razão, a técnica também é conhecida por sistema Mín-Max, pois o nível de estoque está geralmente entre os níveis mínimo e máximo.

c) Controle de Estoques por Encomenda pelo Ciclo de Reabastecimento

O procedimento de controle desta técnica é de tal forma que a cada intervalo de tempo, convenientemente dimensionado, é feita uma ordem de aquisição de material, suficiente para elevar a posição do estoque até o nível máximo.

d) Controle de Estoque por Reposição Opcional

Esta técnica é uma combinação das duas últimas anteriores. Consiste em fazer uma revisão da posição do estoque após transcorrido cada

intervalo de tempo. Se estiver igual ou abaixo do ponto de reencomenda, ordena-se a aquisição de material. Caso contrário, nada deve ser adquirido até o transcurso de um novo período.

BURBIDGE (1990) e outros autores fazem diversas considerações teóricas para determinação das quantidades de reposição, níveis de estoque e períodos de revisão envolvidos nas técnicas que se apoiam em ponto de reencomenda.

A Técnica de Controle de Estoques por "Time Phasing" inclui a dimensão "tempo" aos dados de quantidade de um item em estoque. Conforme destaca ORLICK (1975), são adicionadas informações tanto em datas como em períodos específicos de planejamento, com os quais as respectivas quantidades estão associadas.

Esta técnica também conceituada como Controle de Estoque Perpétuo, amplia a quantidade de informações que caracteriza o status do item em estoque e ao mesmo tempo o mantém atualizado através do lançamento de todas as transações que ocorre no estoque.

Das informações do status do item estoque, que podem ser representadas como a seguir, tem-se

$$X = A + B - C$$

A = Quantidade em mãos - é a quantidade que esta fisicamente no estoque;

B = Quantidade pedida - é a quantidade que foi encomendada , mas ainda não recebida;

C = Quantidade requerida - é a quantidade necessária para o plano de produção

X = Quantidade disponível - é a quantidade que reflete a posição final do estoque.

A quantidade disponível é calculada: um resultado negativo significa falta de cobertura e, conseqüentemente, mostra a necessidade de se colocar uma ordem de aquisição do material.

Associando o fator tempo a estas informações, é possível obter uma visualização do período em que é necessário o abastecimento do estoque, e

em que nível de quantidade. Desta forma, fica evidenciado que a técnica permite otimizar a redução de estoques, quando comparada com a técnica anterior de ponto de reencomenda. Porém, é necessário um processamento de dados com um volume muito maior de informações.

3.1.1.5 Emissão de ordens

As ordens devem explicitar os tipos e quantidades dos itens a fabricar e materiais a comprar. As fábricas geralmente possuem peças prontas disponíveis em estoque, assim como matérias-primas. Diante disso é necessário fazer um estudo para determinar a quantidade necessária de cada item que entre na composição de cada produto.

Este processo conhecido por “explosão”, converte o plano de produção em ordens de fabricação e ordens de compra, com quantidades e datas definidas de término e recebimento, respectivamente. Isso é feito através do conhecimento do cronograma de fabricação dos produtos e do tempo de obtenção de cada item.

Quando for necessária a aquisição de matérias-primas para fabricação de peças ou componentes prontos para a montagem, o setor de compras deverá ser informado sobre os materiais necessários e receber solicitações para comprá-los através de requisições, cada qual apresentando uma data prevista para a entrega. Tudo o que deve ser feito com o produto, desde a requisição de materiais até a entrega no depósito de produtos acabados ou à expedição, deve ser planejado. A emissão de ordens é fundamental na programação, porque tem relação direta com um conjunto de funções necessárias para completar um produto. Esta atividade é mais ou menos difícil, dependendo da tecnologia de produção da empresa.

Em empresas com produção contínua esta atividade é mais simples, já que os produtos e seu processamento é conhecido em detalhes e com antecedência, conforme visto no capítulo 2. Neste caso o sistema de emissão de ordens planeja basicamente as requisições de ferramentas e

materiais para preparação da linha e as fichas de identificação do lote e movimentação, quando ela existe.

Em empresas com produção intermitente repetitiva, muitos dados necessários à preparação são também conhecidos com boa antecipação, já que os produtos são padronizados: os métodos de operação, tempos e roteiro são bem conhecidos e muitas vezes há materiais, peças ou componentes de uso múltiplo com estoque intermediário, que facilitam a coordenação do trabalho.

Em empresas com produção intermitente sob encomenda a tarefa de emissão de ordens é das mais complexas, pois não há, em princípio, nenhuma repetitividade. Tudo o que deve ser feito o é pela primeira vez de uma maneira geral.

Em produção para grandes projetos, a emissão pode ser feita a partir do planejamento e programação das atividades da rede de eventos. Neste tipo de produção é difícil estipular um procedimento padronizado a ser seguido, pois as características das atividades diferem bastante dentro de um mesmo projeto, e mais ainda se considerarmos projetos diferentes. A requisição de materiais pode ser uma atividade da rede ou pode necessitar um planejamento separado, o mesmo acontecendo com a requisição de recursos produtivos, homens ou máquinas.

3.1.1.6 Planejamento da capacidade

Uma vez estabelecido o Plano Mestre de Produção e realizado o Planejamento de Materiais, estabeleceram-se as necessidades de materiais a comprar e a fabricar com suas respectivas datas de término. Após essas fases, são necessários cálculos detalhados para verificar acuradamente se o sistema produtivo, em todos os seus postos de trabalho, tem capacidade para executar o plano.

O Planejamento de Capacidade tem como principal função, calcular a carga de cada centro de trabalho para cada período no futuro, a fim de subsidiar a administração com informações necessárias para ter conhecimento prévio dos gargalos, promover ajustamentos de recursos,

estabelecer a programação de curto prazo e estimar prazos viáveis para futuras encomendas.

Antigamente, o planejamento de capacidade era feito manualmente, com o auxílio do Gráfico de Gantt. Contemporaneamente, a partir do processamento de dados por computador, desenvolveram-se duas outras técnicas: planejamento com capacidade finita e planejamento com capacidade infinita. WIGHT (1984), apresenta as duas abordagens, resumidas a seguir.

Planejamento com capacidade finita

Essa técnica requer que a capacidade real no período, de cada centro de trabalho, seja especificada previamente e condiciona a alocação de carga até que se atinja, no máximo, essa capacidade.

As alocações de cargas tanto podem ser feitas do começo para o fim da sequência de operações do processo de fabricação (forward), como ao contrário, ou seja, a partir do final para o começo do processo produtivo (backward).

Em ambas as situações é utilizado o mesmo procedimento: para cada operação, de cada componente, especificada a determinado centro de trabalho, é verificado se a adição do tempo de processamento para execução da operação não provoca excesso de carga no centro de trabalho para aquele período: se a capacidade não for excedida a operação é "carregada", ao contrário, a operação é deslocada para o período seguinte em que a adição do tempo necessário não ultrapasse a capacidade disponível.

Se não existir capacidade disponível no intervalo de tempo requerido para obtenção do componente, estuda-se as alternativas de alterar a data de término, as quantidades ou fazer ajustamento na capacidade.

Planejamento com capacidade infinita

Essa segunda forma de planejamento de capacidade de curto prazo é um método em que a carga é alocada e acumulada como nos processos anteriores. Difere-se fundamentalmente quanto ao procedimento de controle do nível de carga, pois neste caso, é alocada no posto de trabalho e no período pré-estabelecido, sem nenhuma consideração de limitação de capacidade. As sobrecargas, bem como as folgas que invariavelmente ocorrem, são contornadas através da intervenção humana que promove ajustamentos de capacidade (aumento da mão-de-obra, contratação de serviços externos, horas extras, etc.), ou retrabalha o programa de produção, alterando datas e/ou quantidades.

3.1.1.7 Programação

O termo programação implica em aprazamento, podendo ser definida como a determinação de datas para iniciar e/ou terminar cada evento, atividade ou operação que deve ser executada. Isto deve ocorrer nos níveis de Planejamento da Produção, de Emissão de Ordens e de Liberação ou Despacho.

A primeira fase de programação é realizada na elaboração do Plano Mestre de Produção, quando se procura encontrar as quantidades de cada tipo de produto que devem ser fabricadas em períodos de tempo sucessivos.

A programação no nível de emissão de ordens acontece durante o processo de planejamento de materiais, que deve determinar, com base no Plano Mestre de Produção, quais itens devem ser providenciados e suas respectivas datas de término de fabricação e chegada de fornecimento externo.

A programação no nível de liberação da produção é uma fase de prazo muito curto e em nível de micro-programação. Determinam-se, para cada ordem de fabricação, quando é necessário iniciar a fabricação e quanto é preciso trabalhar em cada uma das operações previstas. Isso é possível pelo conhecimento do tempo de passagem de cada componente, o

qual contém o tempo de processamento e de montagem de cada operação, os tempos de movimentação e espera existentes entre cada operação.

A programação de máquinas está relacionada com a distribuição do tempo disponível da máquina, e com as necessidades da programação de ordens, com o objetivo principal de determinar a sequência de tarefas a serem realizadas em cada máquina.

Esta sequenciação para a indústria tipo sob encomenda não repetitiva, visto no capítulo 2, constitui-se em um problema de grande complexidade.

Importantes trabalhos nesta área foram desenvolvidos por CHRISTIANO (1995) e MEZZARANO (1993).

3.1.1.8 Liberação

A função Liberação representa o processo final dessa análise do plano de produção e está relacionada com a programação das operações em cada centro produtivo.

A Liberação é responsável pela decisão de iniciar a produção ao nível de chão de fábrica, segundo um determinado roteiro e na ocasião programada tendo as seguintes tarefas e responsabilidades:

- Recebimento e Arquivamento de todas as ordens de fabricação e documentos associados;
- Programação do conjunto de trabalhos para liberação na sequência mais favorável;
- Emissão de cartões de mão-de obra ou outra forma de instrução para os operadores;
- Emissão de instruções para os preparadores, definindo que máquinas devem ser preparadas, para que trabalhos e quando;
- Emissão de instruções relativas à movimentação de materiais entre os centros produtivos;
- Emissão de instruções relativas à retirada e devolução de ferramentas especiais dos almoxarifados;
- Manutenção de registros de produção;

- Detectar desvios em relação aos planos;
- Fornecer informações para realimentação do sistema, propiciando condições para replanejar e reprogramar.

É comum, ao nível de Liberação, a existência da função de “expediter” que são os acompanhadores das ordens mais urgentes. Eles têm trânsito livre em toda a organização e suas solicitações devem ser atendidas com presteza, pois a sua função é reduzir drasticamente o tempo de obtenção do item para atender uma necessidade inadiável.

3.1.1.9 Controle

Os sistemas de controle atestam a execução do plano e programa de produção através das informações coletadas pelo sistema de liberação. O trabalho de planejamento e programação do processo produtivo, são objetivos difíceis de serem integralmente alcançados, o que torna necessário um acompanhamento da evolução das ordens.

BURBIDGE (1990), sugere os seguintes tipos de acompanhamentos:

- **Controle do Plano de Produção:** é a tarefa de comparar a produção real com o plano de produção, e de informar os desvios do plano à administração para que sejam analisados e corrigidos.
- **Acompanhamento de Ordens** - é a tarefa de comparar a data de término real de cada ordem de fabricação e a data real de recebimento de cada ordem de compra com as datas previstas correspondentes, e de informar, rapidamente, todas as ordens que estejam atrasadas, de forma que se desencadeiem as ações necessárias para completá-las.
- **Levantamento de Faltas** - é a tarefa de comparar a disponibilidade efetiva de materiais e componentes, com as quantidades necessárias para a produção e de informar todas as “faltas” de forma que possam ser rapidamente supridas.

- **Acompanhamento do Plano Diário** - é o controle usado no nível da liberação para garantir que os "planos diários" sejam cumpridos.

- **Controle do Desempenho dos Departamentos** - consiste num método usado para avaliar a eficiência dos diferentes departamentos de produção de uma fábrica, registrando, a intervalos regulares, o número de falhas em completar ordens na data prevista em cada departamento, e comparando essas quantidades com os limites de desempenho pré-determinados.

3.1.1.10 Replanejamento e Reprogramação

Causas diversas provocam o desvio da produção em relação a programação. Além de problemas que frequentemente ocorrem com os operadores e máquinas causando transtornos à produção, modificações no projeto do produto, alterações solicitadas pelo cliente, operações necessárias e não planejadas, rejeições por falta de qualidade, etc., são responsáveis por consideráveis trabalhos de replanejamento e reprogramação. Estas causas são imprevisíveis e, conseqüentemente, medidas preventivas para as suas absorções são difíceis. Nas programações cuidadosas e sem folgas entre operações sucessivas, o desvio pode ocorrer devido à variação do tempo de execução. Se forem adotadas folgas para eliminar o problema, elas podem não ser consumidas em todas ou em parte das máquinas, aparecendo dessa forma máquinas fora da programação.

Por tudo isso, conforme RESENDE (1989), planejamento e programação de produção devem ser elaborados como se tudo fosse acontecer da melhor forma possível e replanejar e reprogramar quando a dimensão dos desvios for tal que torne necessária a elaboração de novas metas, podendo atingir até o plano de produção. Sempre que ocorrerem mudanças nos planos, estas devem ser incorporadas aos documentos das ordens de fabricação e nos instrumentos utilizados em programação e controle.

Replanejamento e reprogramação são, de conformidade com a maioria dos autores, tarefas de grande complexidade, devido à grande

quantidade de informações que devem ser manuseadas em um curto intervalo de tempo, e de grau de dificuldade muito maior do que a de elaboração dos planos iniciais.

Paralelamente às funções do PCP, a bibliografia pesquisada destaca que as organizações manufatureiras são complexas: pesquisam, projetam, desenvolvem, fabricam produtos e lidam com o controle de todas essas atividades.

Portanto, um outro aspecto que deve ser ressaltado em relação ao PCP, são as informações necessárias ao pleno desenvolvimento das funções estudadas.

3.1.2 Informações fundamentais

Apesar de vários autores abordarem a questão das informações necessárias ao PCP, uma riqueza maior de detalhes podem ser vistos em ZACARELLI (1990); BURBIDGE (1990); RESENDE (1989) e SACOMANO (1990). Apoiado nesses autores, segue uma síntese do conjunto de informações necessárias para produzir cada componente de um produto.

3.1.2.1 Desenhos

Desenhos de engenharia estão entre os meios importantes de se introduzir informações para o planejamento e controle da produção. Mostra o projeto do produto em forma gráfica, descrevendo medidas físicas, tolerâncias, formas e características que o produto deve ter. Devem ser codificados, sendo prática comum, mas não obrigatória, terem o mesmo número que identifica a parte componente na lista de materiais do produto.

3.1.2.2 Especificações

Especificações são informações separadas do desenho, pertinentes ao trabalho de fabricação, como instruções para realizar determinadas operações, testes necessários, procedimentos de inspeções e outras exigências que não podem ser transmitidas por um desenho.

3.1.2.3 Lista de Materiais

A lista de materiais para um produto, além de identificá-lo, relaciona todas as partes e componentes, codificando por nome e número. Mostra também a quantidade necessária para montar uma unidade completa do produto. Como informações adicionais podem conter legendas que identificam se o componente é fabricado na própria empresa ou comprado.

3.1.2.4 Processos de Fabricação

Todas as partes fabricadas de todo produto devem passar por operações que mudam a forma inicial de sua matéria-prima. Para tanto, deve ser elaborado o planejamento do processo produtivo. Este trabalho mostra todas as operações a serem feitas, as máquinas ou centros produtivos envolvidos, além de outras informações a respeito do ferramental, tempos de processamento, montagem, etc. Estudos mais profundos, envolvendo o detalhamento de cada operação, podem ser realizados e disponibilizados ao PCP, que os introduzirá na fábrica.

3.1.2.5 Máquinas e Equipamentos

O Planejamento e Controle da Produção deve estar informado da disponibilidade de máquinas e equipamentos, assim como da indisponibilidade provocada por defeitos, programas de manutenção, desativações, etc.

3.1.2.6 Cronogramas de Fabricação

A montagem de produtos relativamente complexos só deve ter início, em princípio, assim que todas as suas partes componentes estiverem prontas. Conseqüentemente, os itens terão datas de início diferentes, conforme o tempo de obtenção de cada um. O período de fabricação das partes componentes deverá ter uma extensão igual ao tempo de obtenção do componente mais demorado. Além disso, certas partes podem formar subconjuntos antes da montagem final, de maneira que todos os subconjuntos precisam estar prontos antes de iniciar-se a montagem final.

Cronogramas de fabricação são diagramas que ilustram a programação das partes, mostrando as datas de início e término das diversas fases.

Uma técnica bastante conhecida e utilizada na elaboração de cronogramas é a Rede PERT - CPM. Desenvolvida no final dos anos cinquenta, através do Projeto Espacial Norte-Americano, esta metodologia representou uma extensão sofisticada dos cronogramas e gráficos de Gantt. Em projetos envolvendo grande número de atividades, esta sofisticação fornece aos seus planejadores e controladores um eficiente instrumento.

As redes PERT - CPM permitem identificar as relações de dependência entre atividades e determinar o "caminho crítico", isto é, a sequência de atividades que, ao sofrer atraso, o transmitirá ao término do projeto.

PERT significa Program Evaluation and Review Technique, ou Técnica de Avaliação e Controle de Programas, enquanto a sigla CPM significa Critical Path Method, ou Método do Caminho Crítico.

Para se estabelecer uma rede é necessário conhecer:

1. as **atividades**, ou seja, a lista das tarefas a serem executadas;
2. a **ordem** das atividades, ou seja, quais são as tarefas precedentes e quais são as subsequentes;
3. a **duração** das atividades, ou seja, o tempo necessário para a execução das tarefas.

O que se deseja em um planejamento é uma estrutura lógica de atividades a serem executadas, suas interdependências e suas durações de tempo. Assim, é possível conhecer a duração mínima de toda a execução, e para cada atividade, qual a data mais cedo de iniciá-la e terminá-la, e qual a data mais tarde, ou seja, a última oportunidade de iniciá-la e terminá-la. Os problemas de determinação de custos adicionais decorrentes da aceleração do projeto também podem ser equacionados a partir da metodologia PERT CPM.

Uma ampla explanação didática desta metodologia pode ser encontrada nos trabalhos de HIRSCHFELD (1985).

3.1.2.7 Tempos de Operação, Preparação e Improdutivos

Tempos de operação, são aqueles necessários para a execução de cada operação em um componente. Existem diversas técnicas para calculá-los, tais como:

- a - através de tempos sintéticos;
- b - cronometragem;
- c - estimativas por técnicos experientes;
- d - experiências anteriores;

que podem ser utilizadas com as devidas considerações que cada método requer, para o estabelecimento de um tempo padrão para fabricação.

Tempo de preparação é o tempo consumido para colocação na máquina de ferramentas, dispositivos e materiais, bem como para suas retiradas.

Tempos improdutivos são aqueles que são perdidos por outras causas que não as de operação e preparação. Podem ser calculados através de processo estatístico, baseando-se em experiências anteriores, de forma a estabelecer-se um índice que permita calcular o tempo efetivamente disponível.

Deve-se fazer estimativas dos prováveis tempos improdutivos, de montagem e de operação. Na prática, todos variam continuamente. Dificilmente acontecem os tempos estimados, mas o estabelecimento de tempos cada vez mais prováveis é fundamental para o bom desempenho das funções do Planejamento, Programação e Controle da Produção.

3.1.2.8 Estoques

É de fundamental importância o acesso do Planejamento e Controle da Produção as informações que definam a identificação de cada item, como nome, código, quantidade em mãos, quantidade pedida, quantidade requerida, quantidade disponível, política de estoques, tais como quantidade por ordem, ponto de reencomenda, tempo de obtenção, etc. É também importante o conhecimento dos índices de sucateamento por

defeito dos itens fabricados, e índice de rejeição de recebimento dos itens comprados.

3.1.2.9 Plano de Produção

Planos de produção, como fonte de autorização para produção, são programas emitidos periodicamente para um dado intervalo de tempo, aprovados pela alta administração da empresa. Constituem-se em uma informação fundamental que autoriza a operação de todas as instalações produtivas de uma empresa durante um determinado período, e especificam quantidades de produtos a serem montados em determinados períodos compatíveis com a capacidade da fábrica.

Os fatores importantes na elaboração do plano de produção são:

- plano de vendas;
- capacidade produtiva;
- disponibilidade de matéria-prima no mercado;
- recursos financeiros da empresa.

O plano de vendas é baseado nos pedidos recebidos e no estabelecimento do que a empresa pretende vender no período, através de uma previsão de demanda.

A capacidade produtiva pode ser uma forte restrição à execução de um programa de produção, porque está relacionada com as máquinas e pessoal disponíveis. Geralmente, em fábricas de médio ou grande porte, a capacidade efetiva diária/turno é calculada por setores compostos de máquinas que executam o mesmo processo e de porte aproximadamente iguais, multiplicando o número de máquinas do setor pelo número de horas de trabalho efetivo. Este é igual ao número de horas da jornada menos uma porcentagem determinada estatisticamente, de tempos perdidos com ausências de operadores, defeitos de materiais, paradas para manutenção, etc.. Com base nesse valor calcula-se a capacidade por período, em cada turno, para todos os setores da fábrica.

Por outro lado, conhecendo-se o cronograma de fabricação de um produto e os tempos das operações necessárias para cada componente,

determina-se a carga de trabalho por período ao longo de seu ciclo de fabricação

Somando-se as cargas de trabalho para todos os produtos nas quantidades determinadas pelo plano de produção, calcula-se a carga de trabalho total por setor, que representa a capacidade requerida para a execução do plano, por setor.

Confrontando-se a capacidade efetiva com a requerida, faz-se o estudo da viabilidade do plano com razoáveis condições para verificação da existência de sobrecargas ou ociosidades, por setor. Estas, se existirem, poderão ser ajustadas, através de ações já analisadas em 3.1.1.6.

3.2. MRP II - MANUFACTURING RESOURCES PLANNING

Este trabalho, conforme já ressaltado anteriormente, focaliza a conceituação teórica dos sistemas de administração da produção (SAP), até uma profundidade que permita o embasamento necessário para atingir o objetivo proposto no capítulo 1. O detalhamento mais completo das técnicas envolvidas neste sistema pode ser verificado em ORLICKY (1975), WIGHT (1984), SILVER & PETERSON (1984), BASTOS (1988), RESENDE (1989), SACOMANO (1990), FOGARTY (1991), VOLLMANN (1992), CORRÊA & GIANESI (1993).

O MRP foi inicialmente desenvolvido nos Estados Unidos, por OLLIE WIGHT e JOE ORLICKY, para um software da IBM. Era então conhecido como "material requirements planning", uma técnica de administração de materiais baseada no cálculo de quantidades e na determinação do momento oportuno para aquisição de itens necessários à fabricação de determinado produto.

Da concepção original, para uso com ordens de produção individuais, em ambiente job shop, com enfoque na administração de materiais, o sistema evoluiu naturalmente para uma integração com outras funções, agregando aplicações de finanças, contabilidade, engenharia, marketing e distribuição.

Nesta evolução o sistema teve o nome alterado para "manufacturing resource planning", ou planejamento dos recursos de manufatura e ficou sendo conhecido como MRP II. Os principais objetivos do sistema MRP II são: privilegiar o cumprimento dos prazos de entrega e a redução de estoques.

O princípio básico que viabiliza o atingimento destes objetivos é o princípio do cálculo de necessidades, através do qual são determinadas as quantidades e os momentos em que são necessários os recursos de manufatura (materiais, pessoas, equipamentos) para que se cumpram os programas de entrega de produtos com um mínimo de formação de estoques.

3.2.1 Elementos básicos

Para compreensão desta técnica, estão conceituados a seguir os elementos básicos que a constituem, com o apoio de SACOMANO (1990) e CORRÊA & GIANESI (1993).

3.2.1.1 Lista de Materiais

A lista de materiais é o documento de engenharia que define o produto através de sua estrutura, relacionando as partes componentes de cada conjunto ou subconjunto. Através deste documento pode-se criar uma base de dados que especifique não só a composição do produto, mas também o estágio do processo de fabricação. Assim sendo, a base de dados gerada pela Lista de Materiais define a estrutura do produto em termos de níveis de fabricação, cada qual representando o término de uma fase de produção. Todos os itens componentes de um item final, deverão ser identificados através de codificação rigorosa e padronizada, de tal forma que um único código será utilizado em um único item.

A figura 3.1 ilustra a estrutura de um item final denominado Redutor.

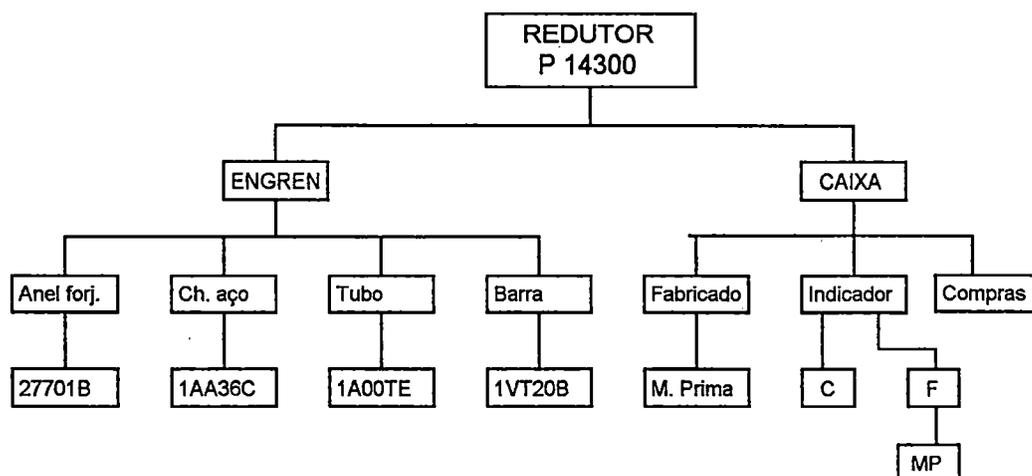


Figura 3.1 - Estrutura genérica de um Redutor

Pode-se adiantar ainda, que um item é dito “pai” quando ele é resultado da combinação de um ou mais componentes ou gera para a estrutura do produto, um ou mais componentes. Seus componentes são chamados itens “filhos” e é importante mencionar que as quantidades de itens “pais” definem as quantidades de itens “filhos”, conforme a estrutura do produto.

Nota-se que o conjunto de listas individuais ligadas graficamente definem um produto (item-pai), através de uma estrutura hierárquica composta de níveis (itens-filhos); cada item-filho da estrutura hierárquica é item-pai dos seus componentes subsequentes que são determinados quantitativamente na estrutura. A árvore é equivalente a um gráfico de montagem, e desta forma qualquer modificação introduzida no processo de fabricação irá alterar a Lista de Materiais e a árvore de Estrutura do Produto correspondente.

Conforme RESENDE (1989), a lista de materiais deve atender aos objetivos do Planejamento, Programação e Controle de Produção, através da observação e cumprimento dos seguintes princípios.

- a) conduzir às previsões de modelos opcionais;

- b) permitir que o programa mestre de produção seja baseado no menor número possível de itens finais;
- c) conduzir o planejamento das prioridades das sub-montagens;
- d) facilitar a emissão de ordens;
- e) ser útil para a programação da montagem dos itens finais;
- f) ser a base para o custeamento do produto;
- g) permitir uma eficiente manutenção de arquivos de informações.

Desta maneira, a composição da lista de materiais que se origina a partir de árvores de estrutura do produto, é vital para o planejamento das necessidades dos materiais, porque através dela estabelecem-se os aprazamentos precisos das necessidades, das liberações e prioridades das ordens, sempre levando em conta o que se denomina "lead-time" dos itens. O "lead-time" é um conceito fundamental no planejamento das necessidades de materiais, associado à lista de materiais e corresponde ao período de tempo decorrido entre a geração e o encerramento de uma ordem de fabricação, ou de compra.

3.2.1.2 Arquivos e Bancos de Dados

O sistema de Planejamento das Necessidades de Materiais - MRP, embora tenha seus pressupostos fundamentais surgidos antes da era "do computador", é totalmente projetado para ser utilizado em computador e, por este motivo, os arquivos de informações são elementos indispensáveis ao seu funcionamento.

Nos Sistemas Convencionais de Planejamento e Controle da Produção, os vários departamentos de uma empresa mantêm, cada um deles, os seus próprios arquivos, com um método de registro de informações, de acordo com as suas necessidades. Isto, de uma maneira geral, provoca uma considerável quantidade de redundâncias e superposições das referidas informações, com perturbações diretas nas tomadas de decisões, principalmente a nível operacional. Um sistema MRP II, pensado como um conjunto de registros de itens em estoque ligados

lógicamente, deve ter um único conjunto de arquivos para cumprir as diversas necessidades nas operações de uma empresa. Isto propicia, além do fornecimento das informações, a eliminação ou minimização de duplicação de dados, redundância, diferentes versões de arquivos e diferentes níveis de atualização; permite ainda otimizar o acesso às informações e economizar no custo do fluxo das mesmas.

Por esses motivos, o MRP trabalha com informações centralizadas, ou seja, os arquivos de informações para o sistema devem ser organizados segundo o conceito de banco de dados e com a técnica de encadeamento de registros e arquivos, que permite o processamento conjunto de arquivos relacionados.

3.2.1.3 Status do item em estoque

Conforme BASTOS (1988), a associação da dimensão de tempo em qualquer sistema de gestão de materiais é fundamental na definição do planejamento das necessidades de materiais. O conceito de escalonamento no tempo (time-phasing), visto no tópico 3.1, é aplicado no sentido de permitir responder com exatidão a pergunta relativa a quando fabricar ou comprar determinado item de inventário.

Para aplicação em MRP II, este conceito de controle de estoque perpétuo, foi ampliado de forma a adequá-lo à uma cobertura suficientemente clara das necessidades. Neste sentido, um novo elemento foi acrescentado ao "status" do item, chamado D, e que representa a quantidade planejada para liberação de ordens futuras ou ordens planejadas. Assim sendo, a equação que determina a posição do estoque tem a seguinte forma, expandida em relação à fórmula de quantidade disponível, apresentada anteriormente:

$$X = A + B + D - C$$

No MRP II, os elementos do "status" do item são:

- A - Quantidades em mãos;
- B - Quantidades encomendadas ou recebimentos programados;
- C - Quantidades brutas necessárias;
- D - Quantidades de Ordens Planejadas;
- X - Quantidades líquidas necessários.

As necessidades brutas e necessidades líquidas podem ser definidas, simplificadamente, da seguinte forma:

- Necessidade Bruta: é a quantidade do item que deverá ser consumida.
- Necessidade Líquida: é obtida a partir das quantidades existentes (em mãos e encomendadas), subtraindo as quantidades brutas.

3.2.1.4 Demanda independente

Itens chamados de demanda independente são aqueles cuja demanda não depende da demanda de nenhum outro item. Típico exemplo de um item de demanda independente é um produto final. Um produto final tem sua demanda dependente do mercado consumidor e não da demanda de qualquer outro item.

3.2.1.5 Demanda dependente

Itens de demanda dependente, por outro lado, são aqueles cuja demanda depende da demanda de algum outro item. A demanda de um componente de um produto final, por exemplo, é dependente da demanda do produto final. Para a produção de cada unidade de produto final, uma quantidade bem definida e conhecida do componente será sempre necessária. Os itens componentes de uma montagem são chamados de itens filhos do item pai, que representa a montagem.

A diferença básica entre os dois itens (de demanda independente e de demanda dependente) é que a demanda do primeiro tem de ser prevista com base nas características do mercado consumidor. A demanda do segundo, entretanto, não necessita ser prevista, pois, sendo dependente de outro, pode ser calculado com base na demanda deste.

A lógica da utilização do cálculo de necessidade partiu da constatação desta diferença básica. Tradicionalmente, a gestão de todos os itens de estoque, fossem eles itens componentes, semi-acabados ou produtos finais, era feita com base em modelos convencionais, como, por exemplo, aqueles vistos no tópico 3.1.1.4.

3.2.1.6 Itens pais e filhos

Item-pai é um item da estrutura do produto que tem componentes. Cada um destes componentes é um item-filho do item-pai. Se o item-filho tem itens componentes, ele é também um item-pai destes, que são, por sua vez, seus itens filhos. Na fig. 3.2, os itens B e C são componentes do item A e, portanto, o item A é o item pai dos itens B e C, que são seus itens-filhos. O item C, por sua vez, tem seus itens filhos D e E.

3.2.1.7 Estruturas do produto

A estrutura do produto é uma estrutura que descreve todas as relações pai-filho existentes entre os itens que compõe um produto final. A fig. 3.2 representa a estrutura do produto final A, assim como a fig. 3.1 representa a estrutura do produto final "Redutor".

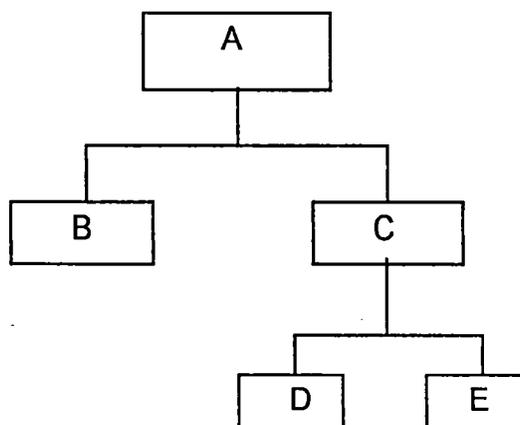


Figura 3.2 - Estrutura do Produto

3.2.1.8 Lead-time

O lead-time, ou tempo de ressuprimento de um item, é o tempo necessário para seu ressuprimento. Se um item é comprado, o lead-time refere-se ao tempo decorrido desde a colocação do pedido de compra até o recebimento do material comprado. Em se tratando de item fabricado, o lead-time refere-se ao tempo decorrido até que o item fabricado esteja pronto e disponível para uso.

3.2.1.9 Necessidades brutas

São as quantidades necessárias dos itens "filhos" (componentes) para atender a determinada quantidade de um item "pai" que necessita ser produzido, desconsiderando as quantidades em estoque dos itens "filho", ao longo do tempo. Em outras palavras, as quantidades de itens "filho" que devem estar disponíveis para a produção do item-pai.

3.2.1.10 Necessidades líquidas

São as necessidades de itens-filho (componentes) para suprir a produção de determinada quantidade de um item-pai, descontadas as posições dos estoques já existentes e que, portanto, não necessitam ser produzidos ou comprados. Em outras palavras são as quantidades de itens "filhos" que devem ser efetivamente obtidas, via compra ou manufatura, para a produção do item-pai.

$\text{Necessidades líquidas} = \text{necessidades brutas} - \text{quantidade em estoque}$
--

3.2.2 Descrição do Funcionamento

O plano mestre de produção, definido por ORLICKY (1975), como um demonstrativo das necessidades de produtos finais, por período e quantidade, é uma das três principais fontes de entrada de dados para um sistema MRP. As outras duas, "status" do estoque e estrutura do produto fornecem os dados de consulta para o processamento.

Através da técnica conhecida como Análise da Capacidade Bruta (Rough Cut Capacity Plan), o sistema MRP converte as quantidades geradas pelo plano mestre da produção em capacidades requeridas aproximadas. Esta tarefa é executada a partir do perfil de carga padrão de cada área produtiva para cada produto, obtido a partir dos dados disponíveis no sistema, ou estimados para o caso de novos produtos.

Analisando-se as cargas para as diversas áreas, é possível procurar um rearranjo para uma distribuição de carga mais regular, estabelecendo-se um plano mestre da produção, viabilizado para os recursos de capacidade existentes na fábrica e, se necessário, prever necessidades de capacidades adicionais.

Obtido um plano mestre de produção, este é "explodido", obtendo-se um plano de necessidades de materiais, que, em resumo, é um conjunto de ordens de fabricação e compras com quantidades e datas de término determinadas.

Usando os roteiros de fabricação dos vários itens, as ordens são convertidas em necessidades, período por período, nos vários centros de trabalho. Dessa forma, determina-se as capacidades requeridas para cada centro, em cada período. Isto é feito a partir das datas de término das ordens estabelecidas pelo MRP, programado no sentido do término para o início do roteiro, e considerando capacidade infinita para os centros de trabalho. O resultado é um programa de realização das operações de cada ordem e o carregamento do centro de trabalho.

Conhecida a capacidade efetiva, faz-se a comparação com a capacidade requerida. Quando a requerida excede a efetiva, existem várias alternativas possíveis de ação:

- mudar algumas ordens para períodos próximos com disponibilidade de capacidade; isto poderá acarretar reflexos no programa de componentes dependentes das ordens deslocadas;
- usar horas extras;
- contratar serviços externos;
- comprar componentes, ao invés de fabricá-los;

- alterar o roteiro de fabricação de ordens quando tecnologicamente possível;
- alterar o plano mestre de produção.

Assim, frequentemente pode haver um reprocessamento para se obter um programa com distribuição de carga regularizada, por interação com a ação humana.

O Planejamento das Necessidades de Capacidade é complementado pelo Controle de Capacidade obtido na prática, por um controle do tipo entrada/saída. A base dessa técnica é a medição de dados reais e sua comparação com dados planejados. Um relatório de controle entrada/saída mede o fluxo de trabalho em termos reais e planejados. Mostra, também, a necessidade de retroação contra o desvio do plano, através de tolerâncias para determinar quando o sistema está fora de controle.

A continuidade do processamento, é a obtenção de uma programação da produção. Este é o resultado da programação de ordens, operação por operação traduzida em listagens de liberação de ordens, mostrando as operações em sequência de prioridade de execução por posto de trabalho e por período.

O controle de fabricação (shop floor control) é feito por planejadores com apoio das listas de liberação (impressas ou acessadas através de terminais de computador), do relatório de controle de entrada/saída e outros relatórios que podem ser gerados, como por exemplo, um relatório de ordens atrasadas constando causa e ação corretiva. Esses relatórios podem ser atualizados diariamente através do lançamento dos dados relativos à execução das operações, coletados através de terminais alocados no piso de fábrica.

Provavelmente, após uma jornada de trabalho, muitas prioridades tornar-se-ão inválidas devido aos problemas já mencionados que normalmente ocorrem em fabricação. Conseqüentemente, aparecerão disparidades entre o plano mestre de produção e a realidade da atividade produtiva, tornando-se necessário um replanejamento e uma reprogramação para realinhar o plano de prioridades.

O sistema MRP executa esta tarefa apropriadamente. Cada vez que ocorrer uma das dificuldades mencionadas e tornar-se claro que alguma operação não será cumprida conforme planejada, o plano deve ser revisado e "reexplodido" para estabelecerem-se necessidades e prioridades atualizadas.

A frequência de replanejamento é um parâmetro importante no projeto do sistema, pois pode-se optar entre duas alternativas básicas:

a) Sistema regenerativo, em que o processo de "explosão" se faz nível a nível, por toda a estrutura do produto, para todos os itens do plano mestre de produção. Assim todos os componentes de um dado nível são processados antes de mudar para o próximo nível, de maneira que as necessidades brutas e líquidas de cada item sejam recalculadas e o programa de ordens planejadas totalmente refeito. Replanejamento semanal é a melhor recomendação para se fazer este tipo de sistema.

b) Sistema não regenerativo, em que se utiliza a técnica "netchange" que permite "explosões parciais" em vez de explosão completa. Através do uso dessa técnica, somente os registros dos itens que foram afetados por uma mudança são reprocessados e somente as listas de materiais pertinentes a esses registros são resgatadas durante o reprocessamento. Essa forma de operar permite replanejamento com maior frequência, sendo viável uma vez por dia.

Do ponto de vista operacional, a frequência de replanejamento é uma variável crítica para o uso de um sistema MRP. Existem fábricas que operam em um estado de contínua mudança. Há frequentes mudanças no plano mestre de produção. A demanda de produção flutua e as ordens podem mudar de dia para dia. Existem serviços urgentes. Ocorrem sucateamentos. Existe um constante fluxo de mudanças de engenharia. Tudo isso significa que as necessidades de itens individuais do estoque e seus aprazamentos são submetidos a rápidas mudanças. Em situações como essa, é essencial um sistema que proporcione respostas em tempo bastante curto, como por exemplo, em intervalos de um dia. Essa condição

pode ser satisfeita com sistemas que utilizam a reprogramação netchange , sendo ainda usual uma reprogramação regenerativa a cada fim de semana.

Em um meio mais estável, um replanejamento semanal é satisfatório, podendo ser proporcionado por um sistema que opera apenas regenerativamente. Nesse caso, as prioridades não são válidas todo o tempo, porque o sistema gera datas de término de ordens que são atualizadas apenas a cada período de tempo.

Pelo exposto, nota-se que o sistema é baseado principalmente na lógica da estrutura do produto, representado pelas listas de materiais, e na utilização da técnica "time phasing" para controle de estoques. É desta forma que os principais autores do assunto, como ORLICKY (1975), PLOSSL (1985), WIGHT (1984) e outros, recomendam a utilização destes sistemas.

3.2.3 Software

O sistema MRP II é um sistema integrado de planejamento e programação de produção, baseado no uso de pacotes de computador. Estes pacotes são estruturados de forma modular. Os fornecedores de software oferecem, em seus produtos, diversos módulos que podem variar em especialização e quantidade. Entretanto, há alguns módulos que se encontram presentes na maioria dos pacotes. São os principais módulos do aplicativo que estão descritos a seguir.

3.2.3.1 Módulo de planejamento-mestre de produção

A partir de informações de entrada resultantes da função de gestão de demandas da organização, refletida nos pedidos em carteira e na previsão de vendas, o módulo auxilia o usuário nas decisões referentes ao planejamento das quantidades de itens de demanda independente (sejam produtos finais ou peças de reposição) a serem produzidas e níveis de estoques a serem mantidos. Este planejamento de produtos finais é preliminarmente verificado quanto à viabilidade em termos de capacidade

de produção, pelo mecanismo chamado “rough-cut capacity planning”, que foi descrito no tópico 3.2.2.

3.2.3.2 Módulo de cálculo de materiais

A partir do resultado do planejamento mestre, feito pelo módulo anterior, esse módulo calcula as necessidades de compras e de fabricação de itens componentes, de forma a cumprir o plano mestre e, ao mesmo tempo, minimizar a formação de estoques. O sistema faz isso programando ordens de compra e produção para o momento mais tarde possível, dado que não haja comprometimento do cumprimento dos prazos de entrega das ordens.

3.2.3.3 Módulo de cálculo de capacidade

A partir do resultado da explosão dos produtos em itens componentes e a partir de dados cadastrais sobre os centros produtivos e suas respectivas capacidades ; dos roteiros de produção dos itens; e do consumo de recursos por operação, o módulo calcula as necessidades de capacidade produtiva para cumprir a programação de produção. Comparando a necessidade de capacidade ao longo do tempo, por centro produtivo, com as capacidades máximas destes centros produtivos, o módulo pode identificar possíveis inviabilidades da programação submetida, assim como a ocorrência de ociosidades de recursos. Assim, é feita a sinalização para se proceder ajustes na programação e possivelmente até no plano-mestre, para que se chegue à viabilidade.

3.2.3.4 Módulo de controle de produção

A partir de uma programação viável ao nível de capacidade, o módulo tem a preocupação de garantir seu cumprimento. Ele vai então carregar as ordens do período nas máquinas segundo prioridades pré-definidas e segundo uma lógica de programação finita baseada em regras de sequenciação. Vai também, a partir de dados realimentados no nível da fábrica, sobre o que ocorreu, procurar tomar medidas corretivas locais

(quanto à re-priorização) ou inter-módulos, sinalizando para os módulos de planejamento sobre possíveis inviabilidades locais quanto ao cumprimento do plano original.

Além destes, há os módulos de atualização dos dados cadastrais, que se ocupam de alterações quanto aos dados de itens de estoque, estruturas de produtos, centros produtivos, roteiros de produção, entre outros.

3.3 JIT - JUST IN TIME

3.3.1 Filosofia, Conceitos e Pressupostos

Para MONDEN (1984), a idéia da produção de unidades necessárias, em quantidades necessárias e no tempo necessário é descrita pelo pequeno termo "JUST IN TIME" em linguagem ocidentalizada.

Originalmente, a metodologia foi criada e desenvolvida dentro da Toyota, no Japão, por Taiichi Ohno, daí a denominação de Sistema de Produção Toyota.

Foi após a primeira crise do petróleo, em 1973, que este sistema começou a atrair atenção das demais indústrias japonesas, que enfrentavam prejuízos enquanto a Toyota demonstrava lucros.

O Sistema de Produção da Toyota é um método racional de fabricar produtos com a completa eliminação de elementos desnecessários na produção, com o propósito de reduzir os custos. A idéia básica neste sistema é produzir os tipos de unidades necessárias no tempo necessário e na quantidade necessária. Com a realização deste conceito podem ser eliminados os inventários intermediários e os de produtos acabados, então desnecessários.

Embora a redução de custos seja a meta mais importante do sistema, ele tem que alcançar três outras submetas, nesta ordem, para garantir seu objetivo original. São elas:

1 - **Controle de Quantidade**, que envolve a capacidade do sistema em adaptar-se às flutuações diárias e mensais da demanda em termos de quantidade e variedades.

2 - **Qualidade Assegurada**, que garante que cada processo será suprido somente com unidades boas para os processos subsequentes.

3 - **Respeito à condição humana**, que deve ser cultivado enquanto o sistema utiliza o recurso humano para atingir seus objetivos de custos.

Deve ser enfatizado que estas três metas não podem existir independentemente ou serem obtidas independentemente sem influenciarem uma com a outra ou com a meta original da redução de custos. Esta é a característica principal do Sistema de Produção da Toyota: onde a primeira meta não pode ser obtida sem a realização das submetas e vice-versa. Todas as metas são resultados do mesmo sistema: como a produtividade é o último propósito, o conceito de administração do Sistema de Produção da Toyota empenha-se em alcançar cada meta para a qual tenha sido designado.

Um fluxo contínuo da produção ou adaptação às mudanças da demanda em quantidades e variedades é criado pela obtenção de dois conceitos chaves: "Just in Time" (no tempo exato) e Automação. Estes dois conceitos são os suportes do Sistema de Produção da Toyota.

"Just in Time" basicamente significa produzir as unidades necessárias em quantidades necessárias no tempo necessário. Automação ("Jidoka") pode ser interpretada como controle autônomo de defeitos. Ela apoia o "Just in Time" por nunca permitir que unidades defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhem um processo subsequente.

A estes dois conceitos chaves, o sistema de Produção da Toyota adiciona a flexibilidade da mão-de-obra ("Shejinka"), que significa diversificar o número de operários para as variações da demanda, e um "pensamento criativo ou idéias inventivas" ("Soikufu"), capitalizado nas sugestões dos operários.

Para realizar estes quatro conceitos, a Toyota tem estabelecido as seguintes técnicas e métodos:

- 1 - Kanban para manter a produção no tempo exato ("Just in Time").
- 2 - Métodos de produção para adaptação às variações de demanda.
- 3 - Redução do tempo de preparação de máquinas para reduzir os tempos de execução de produção.
- 4 - Padronização das operações para obter balanceamento de linhas.
- 5 - Layout do Posto de Trabalho e operários com multifunções para obter o conceito de flexibilidade da mão-de-obra.
- 6 - Aperfeiçoamento das atividades através de pequenos grupos e sistemas de sugestões para reduzir a mão-de-obra e aumentar o moral dos trabalhadores.
- 7 - Sistema de controle visual para alcançar o conceito de Automação.
- 8 - Sistema de Administração por Funções para promover, em toda a empresa, o conceito de qualidade.

Na produção JIT procura-se obter flexibilidade para atendimento das alterações de demanda, através do fluxo contínuo de materiais, peças e componentes em processo. A redução do tempo de execução da produção é um dos pontos principais para a obtenção da flexibilidade exigida pelo sistema, pois os tempos reduzidos permitem atender com rapidez às alterações da demanda. Por outro lado, a redução do tamanho do lote acarreta também redução do tempo de execução da produção, através de reduções nos tempos de processamento do lote, redução dos tempos de espera entre processos e ainda, mudanças no layout com consequente redução do tempo de transporte.

Cabe ressaltar que esta flexibilidade não é ampla, estando sujeita aos cuidados tomados no sistema JIT, de:

- restringir a variedade de produtos, trabalhando-se com faixa limitada, produzida em grandes quantidades;
- utilizar técnicas de projeto adequado à manufatura e à montagem, de modo que o mercado perceba variedade de produtos, enquanto a fábrica perceba a produção de gama restrita de componentes.

A programação é entregue apenas ao processo final, por exemplo, a linha de montagem. Uma mudança na demanda é fácil de ser respondida rapidamente, visto que a programação teria que ser alterada apenas para o processo final. No sistema de produção, o processo subsequente retira peças do processo precedente, de acordo com a demanda de produtos acabados. O sistema JIT é chamado assim, de sistema de “puxar” a produção, ou seja, a ordem de fabricação, caminha no sentido inverso do fluxo do processo.

Para KIMURA & TERADA (1984), as principais finalidades do sistema de “puxar” a produção são:

- evitar a transmissão de flutuações amplificadas de demanda ou volume de produção de um processo posterior a um processo anterior;

- minimizar a flutuação de estoque em processo, de modo a simplificar o seu controle;

- elevar o nível de controle da fábrica através da descentralização: dar aos operadores e supervisores da área um papel de controle de produção e de estoque . Neste sentido, a produção JIT não está orientada para a acumulação de estoques com a finalidade de prevenir problemas. Ao contrário, o processo produtivo na produção JIT, tende a se configurar como uma produção do tipo contínuo, onde os produtos em processo fluem continuamente. Dado ao caráter descontínuo deste tipo de produção, a meta é realizar uma produção unitária, isto é, produção e transporte de peça por peça. A produção unitária raramente se realiza: no entanto, sua busca é incessante nas empresas japonesas, em especial na Toyota.

A redução de estoques apresenta-se para alguns como sendo a maior vantagem do sistema JIT, pois os estoques representam capital empatado com seus respectivos juros, além das despesas com a manutenção física.

Citando novamente MONDEN, que é um pesquisador que desenvolveu a teoria JIT a partir das práticas de manufatura da Toyota, o mesmo menciona que a Toyota admite que um aumento do nível de inventário não é somente o pior fenômeno entre as várias perdas, mas é

também, a origem de todas as perdas. Também SUGIMORI et alii (1984), destaca que a razão real pela qual o estoque pode ser considerado, como a pior perda, é que ele esconde as causas das perdas que deveriam ser solucionadas, tais como, desbalanceamento entre operários e processo, problemas em vários processos, tempo morto dos operários, excesso de operários, de capacidade de equipamento e insuficiência de manutenção preventiva. Levando-se em conta o rigor com que são tratados os desperdícios e as perdas, o ideal da Produção JIT é a realização da produção unitária, ou seja produção de unidade por unidade. Na busca da produção unitária, os estoques podem ser reduzidos e conseqüentemente as causas de falhas, defeitos e excessos podem ser identificadas, analisadas e eliminadas.

A principal meta das ações desenvolvidas na produção JIT é ter o controle sobre os desperdícios. Para MOURA & UMEDA (1984), as técnicas que acompanham o chamado milagre japonês partem de um princípio fundamental, pelo qual o problema primário da indústria é o desperdício excessivo, má qualidade, longos tempos de processamento e alguns custos de manufatura. Assim sendo, dentro da filosofia JIT, tudo que não é produção é considerado perda e qualquer coisa além da quantidade mínima do equipamento, espaço da fábrica, materiais e mão-de-obra que são essenciais à produção é considerado perda ou desperdício.

CORRÊA & GIANESI (1993), destacam que, para ajudar a produção a responder às variações possíveis da demanda a curto prazo, o sistema JIT procura adequar a demanda esperada às possibilidades do sistema produtivo, além de organizar este sistema de modo que variações pequenas de demanda a curto prazo possam ser acomodadas sem muito incômodo para o sistema de produção. A técnica utilizada para este fim é conhecida como amaciamento da produção.

Através desta técnica, as linhas de produção podem produzir vários produtos diferentes a cada dia, de modo a responder adequadamente à demanda do mercado. É fundamental para esta técnica a redução dos tempos envolvidos no processo, principalmente os tempos de preparação e

os tempos de fila, que devem ser desprezíveis. A técnica de amaciamento da produção envolve duas fases, a da programação mensal e a da programação diária da produção. A primeira fase adapta a produção mensal às variações da demanda ao longo do ano, enquanto a segunda adapta a produção diária às variações da demanda ao longo do mês.

A programação mensal é efetuada a partir do planejamento mensal da produção que resulta em um Plano Mestre da Produção, expresso em termos da quantidade de produtos finais a serem produzidos a cada mês. Este programa fornece, também, os níveis médios de produção diária de cada estágio do processo, garantindo que haja recursos suficientes para a execução do programa.

O planejamento é baseado em previsões de demanda mensais e o horizonte de planejamento depende de vários fatores característicos da empresa, como as incertezas da demanda e os lead times de produção, sendo três meses um valor típico. Quanto menores os lead times, mais curto pode ser o horizonte de planejamento, possibilitando previsões mais seguras. Com um horizonte de três meses, o mix de produção é sugerido, normalmente, com dois meses de antecedência e o plano detalhado é fixado ou "congelado" com um mês de antecedência ao mês corrente. Os programas diários são então definidos a partir deste plano mestre de produção.

3.3.2 Elementos da Produção JIT

A metodologia que dá forma ao conceito do sistema JIT está representada por uma série de regras, atividades e decisões, conhecidas como elementos da produção JIT, que são necessárias ao sucesso de uma manufatura operada sob este sistema. Baseado em SACOMANO (1990), abaixo estão listados estes principais elementos:

- Fazer corretamente na primeira vez: corresponde à eliminação dos defeitos no processo de fabricação, pelos pressupostos da qualidade;
- Redução do tempo de preparação: através da flexibilidade e da troca rápida de ferramentas;

-Tamanho do lote: uma unidade de peça ou produto, corresponde ao melhor tamanho do lote;

- Carga uniforme da fábrica: através de balanceamento adequado de máquinas e postos de trabalho, que atua como um mecanismo de controle;

- Diversificação da capacidade: a fábrica trabalha com operários multifuncionais, ou seja, o mesmo operário opera com a mesma competência, várias máquinas;

- Controle visual: o processo contempla aspectos que podem ser controlados visualmente;

- Manutenção preventiva: representa uma condição anterior à eliminação dos defeitos, que exige operações perfeitas, máquinas ajustadas e controle de capacidade;

- Conveniência de uso: representa a revisão permanente do projeto de tal maneira que ele seja o mais adequado ao processo;

- Rede de fornecedores: os fornecedores representam uma ampliação da fábrica e cada um deles passa a ser um co-produtor, ou parceiros;

- Envolvimento do Operário: através dos sistemas de sugestões dos operários e círculos de controle de qualidade;

- Layout Celular: representa a produção por células de fabricação, para cumprir o método de produção por fluxo unitário com a mínima movimentação de materiais e utilização de operários multifuncionais.

- Kanban: é o sistema operacional através do qual se procedem as reposições de matéria-prima ou componentes para todos os postos de trabalho, utilizando-se sinais visuais de reabastecimento.

3.3.3 O sistema Kanban

O sistema Kanban, dado a sua popularidade, chega a confundir-se com o próprio JIT.

Na produção JIT, todos os processos e todas as áreas são mantidas em estado de permanente ajuste contra excessos. Se uma situação anormal não é prontamente atendida, a linha pára imediatamente e afeta toda a fábrica. A necessidade de melhorias pode então ser facilmente entendida pelas pessoas integradas ao sistema. O empenho é para se manter um local de trabalho onde não só gerentes e encarregados, mas também todos os operários, possam detectar problemas. É o chamado "controle visual".

A tradução literal da palavra Kanban, é "anotação visível" ou "placa visível" e é comumente conhecida como placa ou cartão. Desta forma o sistema Kanban, ao informar visualmente os postos de trabalho, a necessidade ou não de produzir determinadas peças, submontagens ou montagens, integra-se dentro da modalidade de "controle visual", mencionada nos elementos característicos da produção JIT. Nestas condições, o Kanban é um sistema de informação para controlar harmoniosamente as quantidades de produção em todas as fases do processo.

O Kanban, enquanto cartão que acompanha o material em processo, não é novidade em relação as ordens de fabricação ou folhas de acompanhamento. Entretanto, a característica do Kanban criado pela Toyota é pertencer a um sistema de puxar a produção.

Se o tempo de resposta é demorado em um sistema de produção que puxa o fluxo de materiais, de nada adianta utilizar o sistema Kanban, pois a principal vantagem de um controle que puxa a produção, é a rapidez em atender as necessidades da mesma. Por isto, SCHONBERGER (1987) afirma que, de modo geral, o Kanban só funciona bem no contexto da produção JIT, visto ser seu propósito atender a demanda com a máxima rapidez.

Portanto, o Kanban é um elemento do mecanismo de funcionamento da produção JIT. A produção JIT pode funcionar bem sem um subsistema

Kanban, mas faltará sentido ao Kanban que for operado independentemente da produção JIT. Para ESCRIVÃO FILHO (1987), o Kanban implantado com sucesso não garante, por si só, a produção "Just-in-Time". É necessário a implantação dos outros elementos vistos no tópico anterior, ou sejam: operário multifuncional, layout do local de trabalho, redução do tempo de troca de ferramentas, etc."

No sistema Kanban, cada tipo ou código de componente tem sua caixa especial, destinada a conter determinada quantidade exata de peças daquele código, de preferência uma quantidade bem reduzida. O Kanban informa o código da peça, a capacidade da caixa e pode conter algumas outras informações.

Geralmente, os cartões são colocados em um envelope retangular de plástico transparente e são utilizados dois tipos principais de cartão: Kanban de Requisição e Kanban de Ordem de Produção. O Kanban de requisição detalha a quantidade que a fase subsequente do processo deve retirar, enquanto que um Kanban de Ordem de Produção determina a quantidade que a fase precedente do processo deve produzir. Desta forma, os cartões fornecem informações de quantidades necessárias à produção JIT.

As Regras Básicas do Sistema Kanban

A fim de realizar o propósito da produção Just-in-Time, MONDEN (1984), prescreve que um sistema Kanban deve obedecer as seguintes regras:

a) o processo subsequente deve retirar, no processo precedente, os componentes necessários e no momento exato. As seguintes sub-regras acompanham esta regra:

- Qualquer retirada sem um Kanban será proibida;
- Qualquer retirada que for maior que o número de Kanbans é proibida;
- O Kanban deve sempre ser fixado ao produto físico.

- b) O processo precedente deve fabricar seus componentes nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente.
- c) Componentes com defeitos não devem ser enviados ao processo subsequente.
- d) O número de Kanbans deve ser minimizado.
- e) Kanban é usado para adaptar pequenas flutuações na demanda (alto sincronismo da produção por Kanban).

Pelo exposto, observa-se que o sistema Kanban de controle de fluxo de materiais favorece a redução dos estoques, fazendo com que este fluxo seja interrompido até que os problemas sejam corrigidos. Assim são operacionalizados os pressupostos da produção Just in Time.

3.4 OPT - OPTIMIZED PRODUCTION TECHNOLOGY

3.4.1 Introdução

O OPT é um sistema de administração da produção surgido no início da década de 70, através de um grupo de pesquisadores israelenses, do qual fazia parte o físico Eliyahu Moshe Goldratt.

A partir de uma técnica utilizada para otimizar um problema de Física, o grupo adaptou e desenvolveu um sistema para utilização nos problemas de programação da produção.

O OPT é baseado em um software, que se utiliza de uma série de procedimentos heurísticos não revelados pelos proprietários dos direitos de exploração do mesmo. É, portanto, uma espécie de caixa preta que não tem domínio público, e apesar da denominação de "Tecnologia de Produção Otimizada", nada garante que por sua aplicação se atinjam soluções ótimas no sentido científico do termo.

3.4.2 Objetivos

O OPT considera que a premissa básica da maioria das organizações é ganhar dinheiro. Para tanto, este sistema pressupõe que é necessário atingir altos níveis de desempenho em relação a três objetivos:

a) **Fluxo** (throughput): é a taxa segundo a qual o sistema gera dinheiro através da venda de seus produtos. Refere-se ao fluxo de produtos vendidos. Os produtos feitos, mas não vendidos ainda são classificados como estoques.

b) **Estoque** (inventory): quantificado pelo dinheiro que a empresa empregou nos bens que pretende vender. Refere-se ao valor apenas das matérias-primas envolvidas. Não se inclui o tradicional valor agregado pelo trabalho, que são classificadas nas despesas operacionais.

c) **Despesas Operacionais** (operating expenses): o dinheiro que o sistema gasta para transformar estoque em fluxo.

Os defensores do OPT argumentam que, se uma empresa atingir simultaneamente os objetivos de aumentar o fluxo, reduzir o estoque e reduzir a despesa operacional, estará também melhorando seu desempenho nos objetivos de aumentar o lucro líquido, o retorno sobre investimento e o fluxo do caixa.

A vantagem de se adotar os objetivos propostos, ao invés dos tradicionais lucro líquido, retorno sobre o investimento e fluxo de caixa, é que seria mais fácil, para as pessoas ligadas à manufatura, associar suas ações e decisões aos novos objetivos do que associá-los aos objetivos tradicionais, podendo, dessa forma, tomar melhores decisões no sentido de buscar ganhar dinheiro para a empresa.

3.4.3 Princípios

Para o atingimento dos objetivos propostos, o OPT considera que primeiro é necessário entender muito bem o inter-relacionamento entre dois tipos de recursos que estão normalmente presentes nas fábricas: os recursos gargalos e os recursos não-gargalos.

Recursos são aqui entendidos como qualquer elemento necessário à produção, como pessoas, equipamentos, energia, etc. conforme visto na figura 2.1, localizada na página 8.

Os gargalos são os recursos que limitam a capacidade produtiva do sistema como um todo, e devem ser tratados de forma especial. As decisões em relação a todos os outros recursos, não gargalos, devem estar submetidas às decisões tomadas em relação aos gargalos.

A partir das combinações, formas de relacionamento e tratamento diferenciado para os recursos mencionados é que são formulados nove princípios básicos que explicitam a filosofia OPT. Estes princípios estão conceituados a seguir, com base no livro *A Meta* (1986) e nos estudos de VOLLMANN (1992), onde podem ser encontrados maiores detalhes.

1 - Balancear o fluxo, não a capacidade

O OPT destaca a importância que deve ser dispensada na análise do fluxo de materiais, priorizando-a em relação ao tradicional balanceamento das linhas de produção. Isto só pode ser feito identificando-se claramente os gargalos do sistema, que são os recursos que vão limitar o fluxo do sistema produtivo como um todo.

2 - A utilização de um recurso não-gargalo é determinada por alguma outra restrição do sistema

A utilização do recurso não-gargalo deve ser determinada pelas restrições do sistema, que pode ser um recurso gargalo, ou alguma outra restrição, como por exemplo a demanda do mercado.

3 - A ativação não é igual à utilização de um recurso

Ativar um recurso não-gargalo mais do que o suficiente para alimentar um recurso-gargalo limitante não contribui em nada com os objetivos definidos pelo OPT. Ao contrário, o fluxo se manteria constante, ainda limitado pelo recurso gargalo, e ao mesmo tempo, elevaria o estoque e as despesas operacionais. Como a ativação de recurso, neste caso, não

contribui com os objetivos, esta não pode ser chamada de "utilização" do recurso, é apenas sua "ativação".

4 - Uma hora ganha num recurso-gargalo é uma hora ganha para o sistema inteiro

É importante o reconhecimento de que, em operações que envolvem o recurso gargalo, é fundamental economizar tempo com preparação de máquina, tanto através da redução do tempo gasto por preparação (via trocas rápidas), como através da redução do número total de trocas (processando lotes grandes), permitindo assim que o fluxo aumente. Entretanto, numa operação que envolve recursos não-gargalos, não há benefícios tão evidentes da redução dos tempos de preparação.

5 - Uma hora ganha num recurso não-gargalo é apenas uma miragem

Por definição, o tempo disponível de um recurso não-gargalo tem três componentes - o tempo de preparação, o tempo de processamento e a parcela do tempo em que o recurso fica ocioso. Portanto, uma hora de preparação economizada num recurso não-gargalo é apenas uma hora a mais de ociosidade para este recurso, já que o tempo de processamento num recurso não-gargalo é definido, não por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema.

6 - O lote de transferência não deve ser igual ao lote de processamento

No OPT, o lote de transferência é sempre uma fração do lote de processamento. O lote de processamento é aquele tamanho de lote que vai ser processado num recurso. Já o lote de transferência é a definição do tamanho dos lotes que vão ser transferidos para as próximas operações. Como no OPT estes lotes não têm que ser iguais, quantidades de materiais processados podem ser transferidos para uma operação subsequente mesmo antes que todo o material do lote de processamento esteja

concluído. Isto permite que os lotes sejam divididos, podendo reduzir o tempo de passagem dos produtos pela fábrica.

7 - O lote de processamento deve ser variável e não fixo

No OPT o tamanho dos lotes de processamento é uma função da situação da fábrica e pode variar de operação para operação. Estes tamanhos de lote são estabelecidos pela sistemática de cálculo do OPT, que leva em conta os custos de carregar estoques, os custos de preparação, as necessidades de fluxo de determinados itens, os tipos de recursos (gargalo ou não-gargalo), entre outros.

8 - Os gargalos comandam o volume de vendas e os estoques

Os gargalos definem o fluxo do sistema produtivo porque são o limitante de capacidade. São também os principais condicionantes dos estoques, pois estes são dimensionados e localizados em pontos tais que consigam isolar os gargalos de flutuações estatísticas propagadas por recursos não-gargalos que os alimentam. Cria-se um *time buffer* antes do recurso-gargalo. Em outras palavras, programam-se os materiais para chegarem ao recurso-gargalo com determinado tempo de segurança, antes do instante em que o recurso-gargalo está programado para começar sua operação. Dessa forma, qualquer atraso que ocorre com os recursos que alimentam o recurso-gargalo, pode ser absorvido por este tempo de segurança.

9 - A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser obtidas considerando todas as restrições simultaneamente

O OPT considera que os tempos de fila são dependentes de como a programação é feita. Se uma ordem de produção, que está numa fila aguardando por determinada operação, ganha prioridade por qualquer motivo, esta ordem vai ficar um tempo menor na fila. Como o tempo de fila é um dos principais componentes do *lead-time*, fica evidente que os *lead-time* vão ser diferentes, conforme a forma com que se dá a sequenciação das

ordens. Se os *lead-time* são um resultado do processo de programação, não poderiam ser utilizados como um dado de entrada do processo de programação, que é o que faz o MRP.

Os defensores do OPT argumentam que esta característica faz com que os programas gerados pelo OPT sejam mais realísticos que os programas gerados pelo MRP.

3.4.4 Funcionamento

A filosofia OPT se apoia no conceito de recurso gargalo, também chamado de recurso restritivo crítico, que é aquele que limita a capacidade produtiva do sistema. Este é o ponto que deve ditar o ritmo do sistema como um todo.

Em primeiro lugar, o OPT carrega o gargalo, para obter o máximo fluxo. Em segundo lugar, o gargalo deve ser protegido por um estoque de segurança. Em terceiro lugar, é necessário usar o gargalo para programar e controlar a utilização dos recursos não-gargalos.

A sincronização destas condições é conhecida como "Drum-buffer-rop", ou "Tambor; estoque-protetor; corda", que são os três elementos principais para o método.

O tambor representa o gargalo, e portanto comanda o ritmo e o volume de produção. O estoque protetor garante que o gargalo não pare por falta de material. A corda representa a sincronização entre a chegada de materiais no estoque protetor e a admissão de matérias-primas no sistema.

Considerando a situação de montagem, é necessário também prover os recursos não-gargalos com algum tipo de segurança. Na condição de componentes providos exclusivamente pelos recursos não-gargalos sofrerem algum tipo de atraso, os componentes processados pelo gargalo poderiam ter de esperar para ser montados. Esta é uma situação absolutamente indesejada.

Como um dos objetivos é aumentar o fluxo, o OPT procura acelerar ao máximo a conclusão das ordens. Dessa forma, o OPT define alguns *time buffers* secundários que visam proteger os recursos não-gargalos,

protegendo assim as datas de entrega prometidas e o fluxo do sistema. Estes time buffers são formados por materiais que deverão participar da montagem, juntamente com material que foi processado por um recurso gargalo.

É importante garantir que os materiais processados pelo gargalo possam, tão cedo quanto possível, transformar-se em fluxo de produto vendido, não ficando sujeito a eventos incertos de operações não-gargalos que possam vir a ocorrer e que poderiam prejudicar o fluxo maximizado pretendido pelo sistema. O tamanho dos time buffers secundários é definido pela natureza e probabilidade da ocorrência dos eventos aleatórios que possam afetar o desempenho dos ramos não-gargalos.

3.4.5 Software

O OPT é um software proprietário, o que significa que a comercialização é centralizada em poucas empresas licenciadas e os detalhes dos algoritmos utilizados não são tornados públicos.

O software é composto de dois módulos, que buscam realizar a programação da produção através da idéia do "drum-buffer-rope".

Um dos módulos programa os gargalos, com uma lógica de programação finita, para a frente (forward scheduling), de forma a tentar maximizar o fluxo processado pelo gargalo.

É feito o carregamento das ordens no tempo, considerando as restrições de capacidade dos recursos.

A sequência de programação obedece a um algoritmo que não é de domínio público. O que se sabe é que este algoritmo leva em conta :

- as datas de entrega dos produtos;
- a conveniência de se reduzir a quantidade de preparações de máquinas;
- casos em que um gargalo alimenta outro;
- casos em que um gargalo processa mais de um item para um mesmo produto;
- a situação de ordens na fábrica;
- os time buffers secundários.

O outro módulo programa os recursos não-gargalos, com uma lógica de programação diferente, com programação infinita, para trás (backward scheduling).

O ponto de partida desta programação é dado pela definição das necessidades (datas e quantidades) de chegada dos materiais nos time buffers, que estão amarrados com a programação dos gargalos, definida pelo módulo anterior, e que propicia uma minimização dos estoques.

Dessa forma, são combinadas as programações para a frente e para trás para se obter um programa completo para o sistema produtivo. É essencial determinar com precisão quais são os recursos gargalos do sistema produtivo que se pretende gerenciar, sob pena de se comprometer totalmente a qualidade da solução OPT

4. ESTUDO DE CASO: UMA EMPRESA TÍPICA

4.1 Introdução

São dois os objetivos inseridos neste capítulo do trabalho.

Um deles é descrever de maneira sucinta a Sade Vigesa Industrial e Serviços S/A, Fábrica de Araraquara, uma grande empresa do setor de bens de capital sob encomenda de produtos não repetitivos, que representa a fabricação do tipo intermitente vista no capítulo 2.

No capítulo 3 foi verificado que os sistemas de administração da produção, tem como função primordial possibilitar o gerenciamento do fluxo de informações da manufatura. MARTINS & SACOMANO (1994), fazem uma interessante proposta para o processamento destas informações, com o planejamento e controle da produção coordenando o sistema produtivo através da emissão das ordens de produção e de compra, conforme ilustrado na figura a seguir.

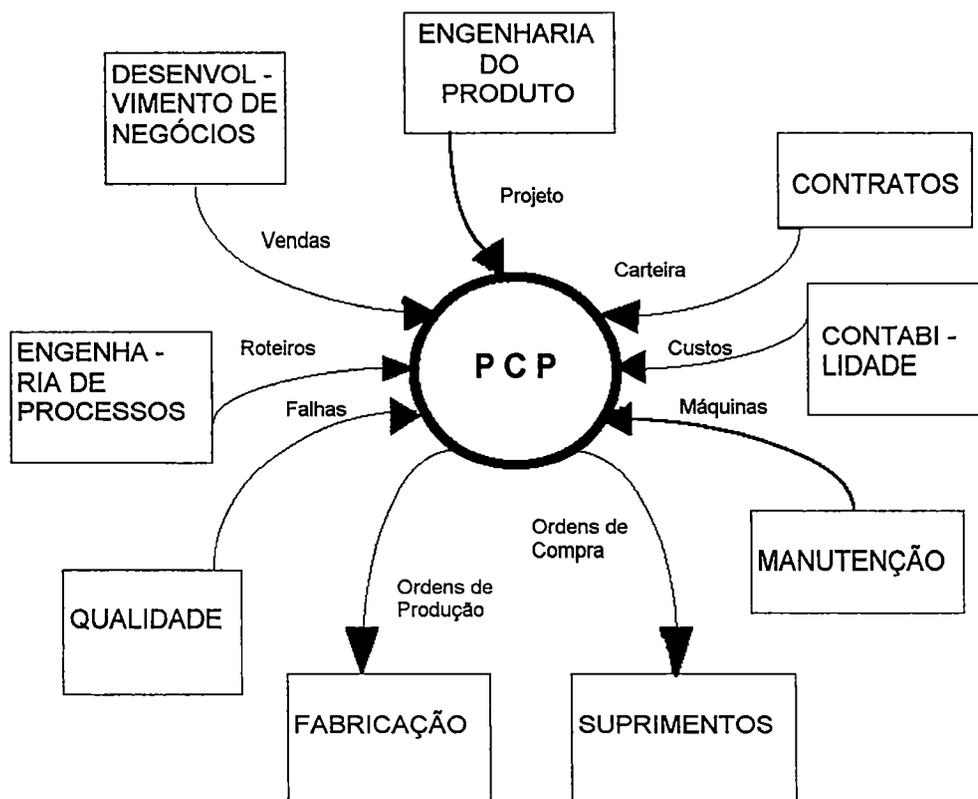


Figura 4.1 - Fluxo de informações no PCP

Baseado nesta proposição o outro objetivo deste capítulo é verificar como uma empresa típica do setor de bens de capital sob encomenda não repetitiva procede em relação a este fluxo de informações na manufatura.

4.2 Histórico

A Sade Vigesa é uma empresa resultante da fusão de duas tradicionais empresas brasileiras: Equipamentos Villares e Sade - Sul Americana de Engenharia.

A Sade caracterizou-se por uma experiência de mais de 40 anos de atuação no setor de engenharia civil voltada para o projeto, construção, montagem e serviços de campo na área de empreendimentos industriais e de infra-estrutura (barragens e montagem de equipamentos para usinas hidrelétricas, projetos ferroviários e metroviários, linhas de transmissão de energia, etc). Além disso, possui uma planta industrial na cidade paulista de Jacareí, voltada para o projeto e fabricação de torres metálicas e equipamentos para os sistemas de transmissão de energia elétrica.

A Equipamentos Villares caracterizou-se como a Divisão de bens de capital do conglomerado Villares, fundado a mais de 70 anos, com atuação nos setores de equipamentos industriais (elevadores, escadas-rolantes, motores elétricos); de siderurgia (laminados não planos de aços especiais, cilindros de laminação, lingotes, forjados pesados, arames finos de aço inoxidável, ligas especiais, barras para mineração, etc.); e de bens de capital sob encomenda de produtos não repetitivos.

A Divisão Equipamentos Villares iniciou suas atividades com uma unidade industrial em São Bernardo do Campo, no ABC paulista em meados da década de 50, na esteira da industrialização do país, e produziu uma diversificada linha de produtos, destacando-se:

pontes rolantes

guindastes

laminadores siderúrgicos

truques metroviários

motores diesel para aplicação naval
equipamentos para exploração de petróleo
compressores

Em 1979 foi inaugurada outra fábrica, em Araraquara, interior do Estado de São Paulo, conforme localização ilustrada nas figuras 4.2 e 4.3

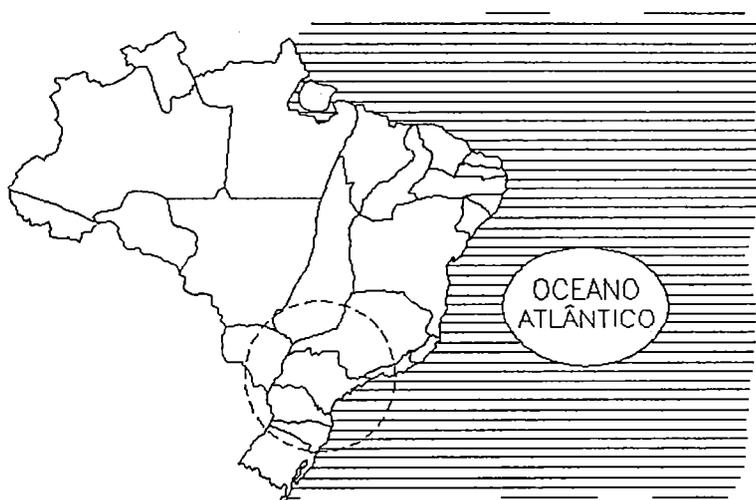


Figura 4.2 - Localização Geral

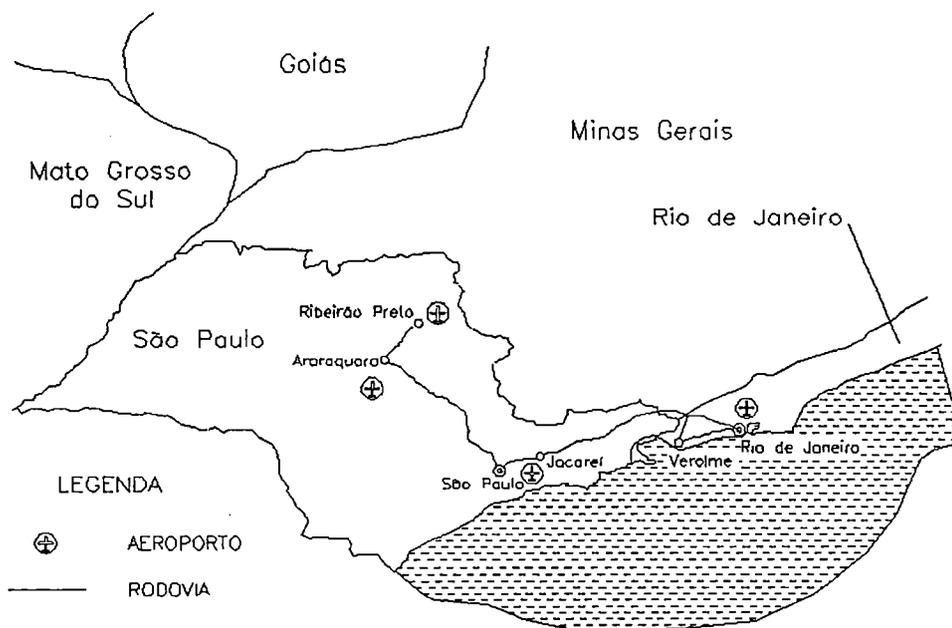


Figura 4.3 - Acesso

Esta unidade também produziu diversificada linha de produtos, destacando-se:

locomotivas

hidrogeradores

turbogeradores

turbinas hidráulicas

equipamentos portuários (portainers , transtainers)

equipamentos para exploração marítima de petróleo

equipamentos siderúrgicos

Em 1988 foi desativada a fábrica de São Bernardo do Campo, concentrando assim as atividades industriais e as linhas de produtos na unidade de Araraquara, que ocupa uma área construída de 129.000 m² , em terreno de 823.000 m² , conforme ilustra o layout geral da figura 4.4.

A fusão da Equipamentos Villares com a Sade ocorreu em 1992, em busca da sinergia propiciada pela complementação de atividades, e em decorrência da tendência mundial de incorporações entre empresas que procuram se fortalecerem para enfrentar o difícil cenário da competição no mercado globalizado. Portanto, são mais de 40 anos de experiência que se somam na manufatura de bens de capital e estruturas metálicas, assim como em obras civis e serviços de montagens eletro-mecânicas.

Atualmente, o controle acionário da Sade Vigesa pertence a um expressivo conglomerado nacional, comandado pela Holding do Grupo Inepar.

A Inepar está sediada em Curitiba, no Estado do Paraná, com uma diversificada atuação nos segmentos industriais e de serviços do país, destacando-se nos negócios de telecomunicações, telefonia digital, geração e distribuição de energia elétrica, industrialização e comercialização de componentes eletro-eletrônicos.

LEGENDA

	AREA M2		AREA M2
01- PREDIO DE FABRICAÇÃO PRINCIPAL	60.260	15- ACABAMENTO DE LOCOMOTIVAS	1.180
02- PREDIO DE FABRICAÇÃO LEVE	34.493	16- PINTURA DE LOCOMOTIVAS	276
03- EXPANSÃO	15.120	17- FORNO DE ALÍVIO DE TENSÕES	195
04- ADMINISTRAÇÃO	4.224	18- CABINE DE JATEAMENTO	223
05- ADMINISTRAÇÃO	4.224	19- PINTURA E JATEAMENTO	1.120
06- VESTIÁRIOS	3.424	20- BARRAS EPOXI	7.186
07- RESTAURANTE E AREA DE LAZER	5.556	21- SHOP PRIMER	453
09- PORTARIA E SEGURANÇA	1.380	22- TRATAMENTO TERMICO E SUPERFICIAL	2.480
13- CAIXA D'ÁGUA	--	24- TRATAMENTO DE EFLUENTES	610
14- SUBESTAÇÃO E COMPRESSORES	856		
		ÁREA COBERTA TOTAL	129.000
		ÁREA TOTAL DO TERRENO	823.000

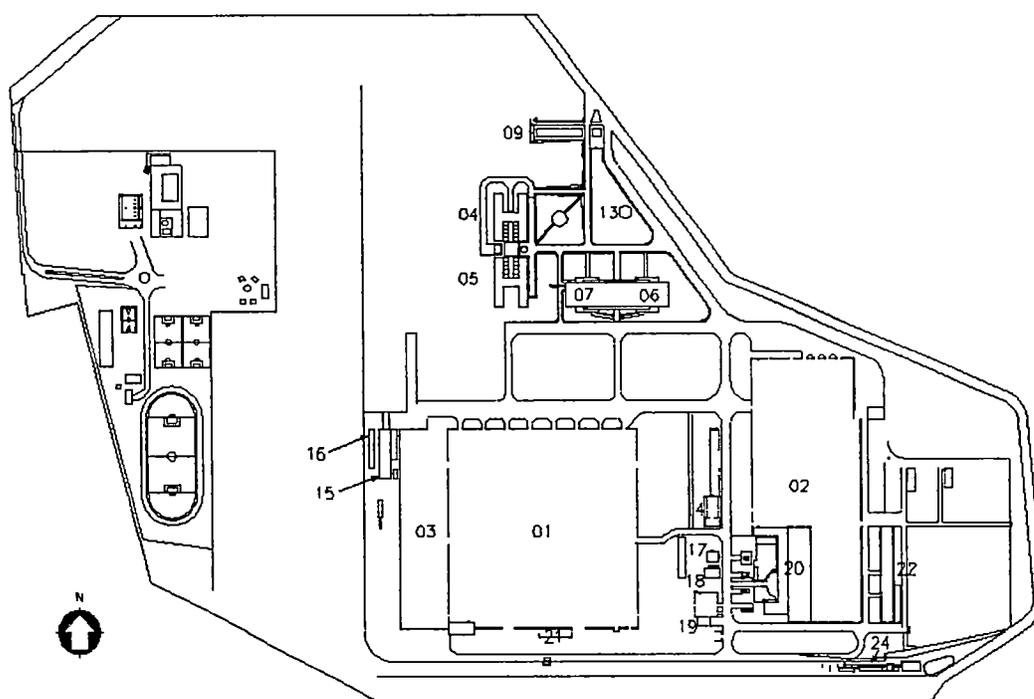


Figura 4.4 - Layout Geral

4.3 Fluxo de informações na manufatura

A introdução deste capítulo foi ilustrada com a figura 4.1, que representa o relacionamento do PCP com o fluxo de informações da manufatura. O comportamento das várias áreas que interagem em uma típica empresa de fabricação sob encomenda não repetitiva está caracterizado a seguir.

4.3.1 Desenvolvimento de Negócios

Esta é a área voltada para a demanda do mercado de bens de capital sob encomenda considerado pela estratégia de negócios traçada pela alta administração da organização. É de sua responsabilidade as atividades de Marketing e prospecção das oportunidades de negócios que demonstrem potencialidade de se transformarem em vendas.

As vendas bem realizadas visam atingir os objetivos definidos pela empresa, que passam fundamentalmente pela realização da lucratividade esperada; pela manutenção ou ampliação de participação no mercado (market share); pelo aumento do faturamento e pela otimização da utilização da capacidade empreendedora da organização.

Diferentemente da maioria da produção mais conhecida, na qual o produto é colocado à disposição do mercado consumidor, neste tipo de indústria, já analisada no capítulo 2, as oportunidades de negócios ocorrem de maneira bastante peculiar.

Assim, a área de Desenvolvimento de Negócios tem que estar permanentemente " antenada " no mercado, procurando as oportunidades de negócios, principalmente através de:

- anúncios públicos de editais de licitação das empresas públicas;
- acompanhamento dos relatórios de planejamento setorial, que permitem vislumbrar os investimentos das empresas privadas;
- acompanhamento de informes de Bancos de Investimentos;
- acompanhamento junto às Associações de Classe Empresariais;
- permanente contato com clientes antigos;

- consultas obtidas diretamente de novos clientes;
- permanente contato com a mídia, em especial com o noticiário econômico.

Uma vez detectada uma oportunidade de negócio que pode se transformar em uma boa venda, a etapa seguinte é a preparação de uma Proposta a ser apresentada ao cliente. Nesta fase, é intenso o relacionamento da área de Desenvolvimento de Negócios com as demais áreas da organização.

Neste processo, existem três atividades, dentre outras, que são críticas e determinantes na realização de uma boa Proposta e conseqüentemente de uma boa Venda.

A primeira é o relacionamento com a Engenharia do Produto, através da qual é elaborado um pré-projeto básico, para determinação e análise das especificações técnicas do projeto e serviços a serem ofertados ao cliente.

A segunda é o relacionamento com a área Financeira, que através de seus setores de Contabilidade, Custos, Tesouraria, Impostos, Cadastro, Financiamento, Importação e Exportação, oferece os subsídios necessários à complexa tarefa de determinação do Preço de Venda.

A terceira atividade crítica, e aqui atingimos o foco do relacionamento proposto na figura 4.1, é com o Planejamento e Controle da Produção. Aí é verificada a exequibilidade do projeto proposto e o prazo de fornecimento. Neste ponto, torna-se evidente a importância de um adequado sistema de PCP, que possa oferecer resposta rápida e precisa à essa questão.

Feita a Proposta, segue-se um período de negociações finais com o cliente, objetivando apurar as eventuais dúvidas e arestas que possibilitem a assinatura de um contrato de fornecimento. No caso de concorrência pública, em que os preços são divulgados, a área de Desenvolvimento de Negócios também é responsável por coletar todas as informações possíveis sobre as condições oferecidas pelos concorrentes.

Obtido o contrato, é emitido uma Ordem de Venda, que é o documento oficial que informa o PCP, e também o restante da organização,

da nova venda, suas condições, e principais características do produto contemplado no novo contrato.

O conjunto de Contratos e respectivas Ordens de Vendas, que estão em atividade, constitui-se na Carteira de Pedidos da empresa. Esta informação é processada no PCP e recebe a denominação de Relatório de Pedidos em Carteira (RPC).

A outra informação fundamental que o Desenvolvimento de Negócios fornece ao PCP, compondo a figura 4.1, é o conjunto de prováveis oportunidades de negócios que tem alta probabilidade de se transformar em futura venda.

Esta informação, revisada periodicamente, é processada no PCP e recebe a denominação de Previsão de Vendas Trimestral (PVT).

4.3.2 Contratos

Apesar da conotação jurídica do termo, o enfoque neste trabalho é ressaltar o relacionamento das atividades desta área com o Planejamento e Controle da Produção. Neste contexto, um aspecto interessante desta atividade, é o desenvolvimento da mesma por pessoas com formação técnica voltada para o produto.

Em outras palavras, a função é realizada por engenheiros, e não por advogados, como se poderia supor. Para que o subsídio jurídico seja um elemento facilitador do técnico que atua na administração de contratos, estão destacados os pontos que são mais significativos na análise de um contrato e que representam fontes de informações e inter-relacionamento com o PCP.

- **Clareza do objeto do contrato** : Na definição do escopo contratual deverão estar presentes o maior número possível de informações técnicas que melhor individualizem o produto a ser fornecido. Além disso, o escopo deve ser aquele para o qual se realizou a determinação do Preço de Venda apresentado na Proposta.
- **Responsabilidades das partes**: a responsabilidade assumida por cada uma das partes em um contrato deve ser definida com clareza, e deve

estar limitada a um valor percentual do valor contratual. A ausência desse limite pode representar a obrigação do pagamento de indenização de valor superior ao do próprio contrato.

- **Cumprimento de eventos:** o contrato deve indicar as datas de cumprimento de eventos físicos geradores de pagamentos, assim como as datas que facultam a emissão de fatura de cobrança. É recomendado que eventuais antecipações nos prazos previstos no cronograma, também autorize a respectiva cobrança antecipada do evento.
- **Garantia de performance:** o período de garantia do fornecimento deve ser detalhadamente especificado, sendo apropriado que a data inicial do período de garantia coincida com a data de entrega do equipamento.
- **Fórmula de reajuste:** a fórmula de reajuste prevista no contrato deve representar a variação de custos dos recursos necessários à fabricação do produto. Cada um dos parâmetros deve ser individualmente identificado, assim como sua respectiva data base.
- **Condições de pagamento:** as condições de pagamento devem indicar mecanismos utilizados na apresentação e efetivo pagamento da cobrança. Devem também ser estabelecidas penalidades e atualizações monetárias para o caso de atraso de pagamentos.
- **Carga tributária:** em especial nos contratos de longa duração, é frequente a variação da carga tributária em função do tempo, refletindo em elevação de custos. Para proteção, é conveniente o contrato prever este efeito, refletindo no preço contratual.
- **Inspeção e testes:** devem estar definidas as datas limite para realização e aprovação dos testes e ensaios na presença do cliente, assim como a especificação dos mesmos.
- **Fornecedores subcontratados:** ao fornecedor subcontratado devem ser repassadas as responsabilidades e penalizações por descumprimento de prazos e qualidade, bem como vincular os pagamentos aos respectivos recebimentos devidos pelo cliente.

Assim, a função de coordenação de Contratos, com os subsídios jurídicos básicos vistos acima, e com grande conhecimento técnico do

produto, tem como atribuição básica, no que se refere ao relacionamento com o Planejamento e Controle da Produção, transmitir ao mesmo, em linguagem técnica, as fundamentais solicitações de um contrato que irão dar origem ao fornecimento de um produto.

É também uma atividade de Contratos promover o interfaceamento entre o cliente e o ambiente interno da organização. Levando-se em consideração que a manufatura deste tipo de produto, em geral, é de longa duração, torna-se fundamental e crítico este relacionamento com o cliente, no sentido de bem atendê-lo e ao mesmo tempo garantir o resultado econômico-financeiro esperado para o contrato e conseqüentemente para a empresa.

4.3.3 Engenharia do Produto

A área de Engenharia do Produto é responsável pelo processo de transferência de tecnologia, que é bem caracterizado na indústria brasileira de equipamentos sob encomenda. Um estudo conduzido por FLEURY (1983), constatou que o processo de aprendizado tecnológico ocorre a partir de contratos de licenciamento. Neste processo evolutivo, a celebração dos contratos abre perspectivas para novas formas de aprendizagem, principalmente através do treinamento pelo intercâmbio entre os engenheiros das empresas licenciadoras e licenciadas.

O passo seguinte no esquema de absorção tecnológica ocorre na comprovação de capacidade necessária para os cálculos e detalhamento do projeto do produto.

Em um outro estágio, a empresa já é capaz de executar o projeto básico, que ainda é submetido à licenciadora para verificação e aprovação. Em todo esse processo, a engenharia e a fabricação permanecem em contínua interação, a fim de que o feedback de fabricação possa consolidar o aprendizado do projeto.

Esta capacidade obtida através da aprendizagem incremental caracteriza o processo evolutivo de absorção de tecnologia, que culmina com a execução do projeto com total domínio e autonomia.

É nesta avançada condição que se situa a Engenharia do Produto sob análise, cujas atividades básicas e relacionamento com o PCP estão descritas a seguir.

A Engenharia do Produto considera a aplicação do produto, a complexidade do projeto, a extensão da tecnologia e da inovação, o grau de padronização e a possível similaridade com projetos anteriores, para estabelecer um planejamento do projeto e gerar um cronograma de atividades para o mesmo.

As principais atividades que envolvem a elaboração de um projeto passam pela análise de especificação técnica; pela elaboração do projeto básico e seu detalhamento; pela verificação e aprovação dos documentos do projeto; pelo acompanhamento de fabricação; pelo acompanhamento de montagem e "start up" do equipamento no campo.

A partir dos dados de entrada disponíveis para a execução do projeto, que são constituídos pela especificação técnica do contrato, pelos parâmetros e critérios de engenharia, pelas metodologias de cálculo, pelos projetos anteriores de referência e por reconhecidas técnicas e práticas utilizadas na Engenharia, é definido um projeto para o produto. Este produto deve atender todos os requisitos de performance, operação, manutenção, segurança, confiabilidade e vida útil previstos no contrato e esperados pelo cliente.

Toda a documentação e registros do desenvolvimento de um projeto gera os dados de saída contendo as informações necessárias para a fabricação, montagem, transporte, instalação, operação e manutenção do produto. Os dados de saída são constituídos pelos programas de computadores, desenhos, especificações, listas de materiais, instruções e manuais de operação e manutenção. Dentre estes, as listas de materiais e os desenhos são as principais fontes de informações para as atividades de Planejamento e Controle da Produção, conforme ilustra a figura 4.1.

Conforme visto no capítulo 2, é normal ocorrer alterações neste tipo de produto durante a fase de manufatura. Todas as alterações do projeto que forem necessárias, quer sejam mudanças solicitadas pelo cliente ou por

adequação no processo de fabricação, são submetidas e incorporadas ao projeto original, constituindo-se, também, em importante fonte de relacionamento entre as atividades de Planejamento e Controle da Produção e Engenharia do Produto.

4.3.4 Suprimentos

É função da área de Suprimentos desenvolver, avaliar e qualificar os fornecedores para todos os materiais processados no sistema de produção, assim como prover eventuais contratações de serviços de terceiros que possam ser necessários na manufatura do produto.

As respectivas áreas usuárias fazem a solicitação do material a ser adquirido, definindo características, aplicação, quantidade e prazo necessários, para a área de Suprimentos. Esta é responsável por efetuar a aquisição do material no mercado, de acordo com as especificações solicitadas.

Um sistema prévio de normalização, codificação e especificação técnica do material permite que cada item requisitado à Suprimentos para compra possa ser feito através de meio eletrônico, por rede interna de computadores, suprimindo assim a emissão de formulários e papéis.

De maneira geral, os materiais podem ser classificados em dois grandes grupos. O primeiro grupo é formado pela matéria-prima e por componentes que são diretamente processados e agregados ao produto. O segundo grupo é constituído pelos demais materiais necessários no sistema de transformação, conhecido como materiais auxiliares de consumo ou insumos de produção. Estes materiais são caracterizados por uma maior facilidade de normalização e especificação técnica, vista acima.

Assim, as áreas de Produção, Manutenção e Ferramentaria, que são os principais solicitantes destes materiais, tem somente a preocupação com a programação de quantidade e prazos.

É no primeiro grupo de materiais que ocorre forte interação entre as áreas de Suprimentos e Planejamento e Controle da Produção. São estes os materiais componentes do produto, especificados pela Engenharia, e que

na função Planejamento são submetidos a uma série de análises, passando pela verificação de estoques, alternativas de substituições, definição "make or buy" , prazos e demais tratamentos vistos no capítulo 3.1. Uma destas atividades que tem relação direta com a função Suprimentos é o Planejamento da Qualidade do material. Tendo em vista o contrato, para cada ítem de material a ser adquirido, é definido um conjunto de critérios qualitativos que o fornecedor deve assegurar, expresso na especificação conhecida como Requisitos de Inspeção e Ensaio (RIE). Para estes materiais, a requisição de compras, além de definir as condições de prazos, quantidades e aplicações, também especifica, através do RIE, os requisitos de qualidade e a abrangência do controle a ser exercido no fornecedor, na forma de acompanhamento técnico do processo, inspeção local, relatórios, certificados, rastreabilidade e liberação para entrega.

De posse de todas estas informações e solicitações geradas pelas requisições de compra (RC), e suportada por uma série de procedimentos operacionais internos à área, Suprimentos efetua a compra do material. Em relação a estes procedimentos internos, destacam-se dois aspectos relevantes, que devem ser mencionados. Um deles é a questão de segurança envolvida nos elevados valores monetários dos materiais característicos deste tipo de produção de bens de capital sob encomenda não repetitivo.

O outro aspecto é a confrontação e controle entre os valores de materiais previamente orçados na fase de Proposta, com os valores que estão efetivamente sendo praticados. Diferenças negativas e significativas nestes valores podem inviabilizar o resultado econômico-financeiro esperado para o contrato.

A efetivação de um pedido de material é expressa por Suprimentos através do documento conhecido como Ordem de Compra (OC), que é enviado ao respectivo fornecedor, descrevendo claramente todas as especificações requeridas. São anexados à OC desenhos, listas, RIE e demais informações necessárias ao fornecimento do material solicitado.

No ambiente interno à empresa, a colocação de uma OC é uma informação disponibilizada na rede de computadores, proporcionando forte interação e acompanhamento de prazos pelas áreas de Suprimentos e Planejamento e Controle da Produção.

Fechando este ciclo, uma importante informação advinda de Suprimentos e fundamental na atividade de PCP, é o prazo total necessário para obtenção de cada material, conhecido como "lead time" .

4.3.5 Engenharia de Processos

A atividade principal da Engenharia de Processos é identificar e planejar o processo de fabricação e montagem dos produtos, assegurando as especificações do projeto. Para tal, é definida a sequência de operações que proporciona a execução da fabricação na melhor ordem técnica possível, para cada item que constitui o produto. Este roteiro passa então a integrar cada Ordem de Produção (OP) necessária ao produto, com os respectivos tempos previstos, tanto para execução de cada operação como também o tempo previsto para preparar a máquina ou posto de trabalho para aquela operação (tempo de set up).

Na elaboração deste roteiro são considerados os seguintes aspectos:

- Sequência tecnológica das operações;
- Equipamentos adequados para produção;
- Tempos e métodos para o trabalho;
- Características dos materiais;
- Dimensões, formas e tolerâncias a serem obtidas;
- Exigências do Plano de Inspeção e Ensaios (PIE);
- Inspeção, ensaios e pontos de controle;
- Critérios de aceitação que definem a qualidade;
- Normas e instruções técnicas de fabricação;
- Requisitos de manuseio, embalagem, armazenagem e expedição.

É também função da Engenharia de Processos prever, para cada roteiro definido, além de máquina ou equipamento mais adequado, os respectivos dispositivos de fixação, as ferramentas, as instruções

adicionais, os programas para máquinas de controle numérico computadorizado e demais condições que se fizerem necessárias para a adequada fabricação do item.

Determinadas operações pertencentes a um roteiro de fabricação podem ter características de sofisticação técnica que necessitem ser efetuadas sob condições controladas. Estas operações são tratadas pela Engenharia de Processos de forma especial, através de procedimentos, qualificação de pessoal e equipamentos de acordo com critérios pré-estabelecidos e acompanhamento do processo. Em geral, estes processos são representados por operações de tratamento térmico, tratamento superficial, soldagem, brasagem, revestimento por deposição de metais, testes e ensaios não destrutivos.

A Engenharia de Processos estabelece interações com a Engenharia do Produto nas situações onde são identificadas operações que podem melhorar o desempenho ou reduzir o custo de fabricação do produto, sendo necessário introduzir alguma modificação no projeto e no desenho do componente.

Os roteiros das ordens de produção, as instruções para fabricação, os programas para máquinas de controle numérico e outras informações geradas pelas atividades da Engenharia de Processos recebem um tratamento sistêmico e são armazenadas no banco de dados do sistema de computadores.

Apesar da inexpressiva repetibilidade de componentes provocada pelo tipo de produção em questão, estas informações são bastante utilizadas, via fatores de similaridade, aproximações e adequações, permitindo uma grande flexibilidade e rapidez nas atividades da Engenharia de Processos.

São estas informações de sequenciamento tecnológico de operações, com seus respectivos tempos previstos, é que vão fornecer preciosas entradas no sistema de planejamento e controle da produção. Daí são extraídos os "lead time" de fabricação para o Planejamento e os elementos

de acompanhamento, análise e retroalimentação trabalhados pelo Controle da Produção.

4.3.6 Qualidade

O Sistema da Qualidade é responsável por divulgar, implementar e monitorar a Política da Qualidade estabelecida pela alta administração da organização. Esta Política, coerente com a missão e metas da organização, assim como com as expectativas e necessidades dos clientes, define os objetivos, o compromisso e a estratégia para a questão Qualidade.

A figura 4.5, apresenta as ações fundamentais do Sistema da Qualidade, destacando a característica de um processo interativo e em constante evolução.

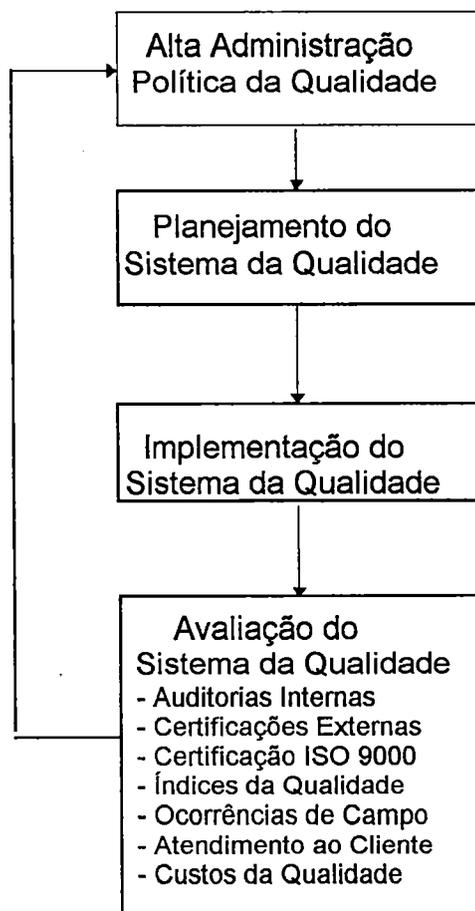


Figura 4.5 - Sistema da Qualidade

O Sistema da Qualidade é organizado de forma a assegurar que fatores técnicos, administrativos e humanos que afetam a qualidade dos produtos estejam sob controle. Esta organização é obtida pelo planejamento e documentação da qualidade, através de uma série de atividades, responsabilidade e autoridade para:

- Identificar e registrar todo desvio de qualidade;
- Providenciar soluções através de canais competentes;
- Monitorar a implementação de soluções;
- Prevenir a ocorrência de não-conformidade de processo e no produto;
- Preparar o Manual da Qualidade e os procedimentos dele decorrentes;
- Identificar processos, equipamentos de inspeção, dispositivos de controle, meios e práticas de produção que possam ser necessárias para atingir os objetivos da qualidade;
- Atualizar as técnicas de controle de qualidade, inspeções e ensaios;
- Preparar e manter os registros de qualidade;
- Gerir o processo de certificações externas, tipo ISO 9000, ou certificações solicitadas pelos clientes.

Todo este sistema sofre um processo de documentação muito intenso, necessário principalmente nas certificações externas. Entre estes documentos destacam-se:

- Manual da Qualidade, que fornece uma descrição geral do funcionamento do sistema, definindo estratégias, filosofia, políticas, mecanismos e requisitos que influenciam a qualidade.
- Normas Técnicas, Normas e Especificação Técnica de Materiais, Instruções Técnicas e Procedimentos que normatizam, descrevem e detalham a execução operacional.
- Planos de Inspeção e Ensaios, Listas de Verificação, Relatórios, Certificados, Registros e outros documentos onde é registrada e evidenciada a conformidade do processo e do produto com os requisitos do Sistema da Qualidade.

O Planejamento e Controle da Produção está inserido neste ambiente de Qualidade, com suas atividades e funções sendo desenvolvidas em consonância com estes princípios.

Nos tópicos 4.3.4 e 4.3.5 onde foi feita a abordagem do relacionamento entre PCP e Suprimentos e entre PCP e Engenharia de Processos, respectivamente, foi mencionada uma importante contribuição do Planejamento para com o Sistema da Qualidade, que é a especificação dos Requisitos ou Planos de Inspeção e Ensaios, para todos os materiais e componentes do produto.

Outra interface do relacionamento do PCP com a Qualidade está localizada no tratamento físico dos materiais e componentes. Assim, o recebimento físico, o manuseio, a armazenagem, o controle do estoque, a entrega destes materiais para a produção, bem como a expedição de produtos acabados são atividades realizadas sob a responsabilidade do PCP. Em todas estas atividades estão presentes normatizações e procedimentos que estão vinculados ao Sistema da Qualidade.

Por outro lado, o Sistema da Qualidade é fornecedor de informações do processo produtivo que são largamente utilizadas nas atividades de planejar, programar e controlar a produção. Estas informações estão principalmente ligadas aos desvios ou falhas de produção, que estão refletidos nos custos da qualidade. Estas falhas estão sintetizadas a seguir.

O Sistema da Qualidade permite que as falhas sejam classificadas em três grandes grupos: Refugo, Retrabalho e Garantia.

O **Refugo** refere-se ao sucateamento de peças durante o processo produtivo, causado por falhas detectadas no decorrer da fabricação, porém ocasionadas pelos mais diversos motivos. É o caso, por exemplo, de falhas de matéria prima. Apesar da qualificação de fornecedores e do procedimento de inspeção de recebimento, existem varias situações onde é necessário a intervenção do processo produtivo para definição da sanidade e conformidade da matéria prima. Pode-se citar o tratamento térmico de blocos de aço forjado de grande massa, que requer usinagem em desbaste para qualificar a dureza na região especificada da peça. Ocorre também

com peças fundidas onde alguns defeitos só podem ser identificados após usinagem. Ocorre também com materiais termoquímicos utilizados na fabricação de barras e bobinas estatóricas, onde o processo produtivo é ajustado à faixa de tolerância de qualificação da matéria prima.

As alterações de Engenharia também ocasionam refugo, nas situações que o momento da modificação ocorre após a manufatura do respectivo item.

O **Retrabalho** ocorre quando, detectada uma falha, ainda é possível o aproveitamento da matéria prima e existem condições de restabelecer a especificação de conformidade da peça ou do produto.

Análogamente ao refugo, apesar do retrabalho ocorrer nas áreas produtivas, a causa da falha pode ser advinda de áreas de suporte à fabricação, fornecedores externos, engenharia, etc. A maioria do retrabalho em itens de fornecedores externos ocorre por pressão de prazos na produção, sendo difícil a disponibilidade de tempo para a devolução ao fornecedor de peças com não-conformidades que precisam ser retrabalhadas.

A **Garantia** está relacionada com falhas que ocorrem após o encerramento da fabricação. A não-conformidade nas especificações do produto pode ocorrer por diversos motivos, passando pelo transporte, acondicionamento no meio ambiente de campo, instalação, comissionamento, manutenção e a própria utilização pelo cliente.

Assim, apesar das falhas serem canalizadas e solucionadas nas áreas produtivas, e aí serem custeadas e contabilizadas, as causas e motivos destas falhas podem ser os mais diversos possíveis. O Sistema da Qualidade apura mensalmente os motivos e responsabilidades das falhas, fornecendo importantes subsídios para a tomada de decisões em prol de melhorias contínuas.

A classificação dos custos de falhas permite acompanhar a curva de evolução dos indicadores de falhas, sinalizando a necessidade de intervenções em produtos, processos e sistemas. Pode ocorrer até mesmo a

decisão de investimentos para eliminar as causas de uma não-conformidade, prevenindo sua repetição.

4.3.7 Manutenção

A Manutenção é responsável pela preservação de todos os bens patrimoniais da empresa, mantendo em adequado estado de funcionamento todas as máquinas, equipamentos e instalações.

Para assegurar a continuidade da capacidade do processo de manufatura, ela estabelece e mantém programas de manutenção preventiva, corretiva e participativa, envolvendo todas as áreas de fabricação.

Na fábrica de Araraquara, a Manutenção vem sendo gradativamente reestruturada, com o objetivo de estabelecer uma restrita equipe técnica, de alto nível, responsável por obter a máxima disponibilidade de máquinas, equipamentos e instalações.

Assim, estão sendo terceirizados praticamente todos os serviços de manutenção preventiva e corretiva. A manutenção corretiva das máquinas operatrizes de usinagem, assim como a constante atualização dos softwares e hardwares dos sistemas das máquinas com controle numérico computadorizado, ainda estão a cargo da equipe técnica supra citada.

Os demais serviços estão sendo submetidos a um planejamento para manutenção preventiva, viabilizando a adoção da terceirização com o gerenciamento pela equipe técnica. Neste esquema, podem ser destacados os serviços completamente terceirizados para manutenção em:

- Equipamentos de manuseio e transporte no fluxo de produção (empilhadeiras, pontes rolantes, monovias, guindastes);
- Instalações e utilidades industriais (ar comprimido, gases, água, energia elétrica, telecomunicações, refrigeração e ar condicionado, tratamento de efluentes);
- Prédios e construções (serviços de alvenaria, telhados, pintura, limpeza, jardinagem e serviços gerais);
- Equipamentos da cozinha e restaurante industrial;

- Manutenção preventiva das máquinas operatrizes.

Esta proposta, aliada a um trabalho de conscientização, envolvimento e responsabilização do funcionário para com o pleno funcionamento das máquinas e equipamentos, conceituado como “ Manutenção Participativa ”, busca a melhoria contínua do ambiente de trabalho, o aumento da produtividade dos equipamentos e a redução do custo operacional da Manutenção, quando comparado com o custo de modelos tradicionais para esta atividade.

É bastante clara e significativa a correlação existente entre a efetiva disponibilização da capacidade produtiva das máquinas e equipamentos, proporcionada pela Manutenção, e a função planejar, programar e controlar a produção. Portanto, a Manutenção é importante fonte de informações para o PCP, no que diz respeito a disponibilidade, confiabilidade, interrupções previstas e não previstas, ao longo do tempo, dos equipamentos necessários à manufatura.

4.3.8 Custos Industriais

A correlação desta função com o fluxo de informações do PCP é devido à sua importância no tipo de produção sob encomenda não repetitiva sob enfoque.

Já foi visto anteriormente que o preço de venda para o produto típico é obtido através de uma proposta feita com base em um pré-projeto básico. Desta situação até o detalhamento do projeto final para manufatura existe um longo caminho a ser percorrido. Neste ínterim, o PCP agrega uma vital função de monitorar o resultado econômico-financeiro do contrato, no âmbito da manufatura. Através do relacionamento visto em 4.3.2, o PCP fornece à área de Contratos, os subsídios da manufatura necessários ao acompanhamento do contrato como um todo, e a consequente obtenção do resultado esperado.

De maneira resumida, a seguir está descrito o funcionamento do sistema de custo industrial da empresa típica.

Este é constituído pelo tradicional sistema de custo por absorção, também conhecido como custeio pleno, onde todos os custos de produção são absorvidos pelos produtos manufaturados.

Duas grandes parcelas, uma representada pelos custos diretos (CD) e a outra representada pelos custos indiretos de fabricação (CIF), é que compõem o custo industrial (CI).

$$CI = CD + CIF$$

Os custos diretos são claramente identificados com o respectivo produto, e portanto podem ser alocados diretamente para o mesmo.

São formados basicamente por materiais, mão-de-obra e outros custos diretos.

- **Materiais** refere-se ao valor de toda matéria prima, componentes e subconjuntos adquiridos de fornecedores para aplicação direta na manufatura do produto. Do valor total de aquisição destes materiais, são excluídos, para efeito de custo, as parcelas referentes aos impostos nacionais (ICMS e IPI), que recebem um tratamento específico na intrincada legislação brasileira de impostos. Um sistema de requisição de materiais, que está vinculado ao sistema de emissão de ordens de produção, permite fazer a apropriação do valor do material ao produto onde o mesmo está sendo aplicado.
- **Mão-de-obra direta** refere-se ao valor do trabalho aplicado no processo de transformação de matéria prima em produto acabado. Um sistema de apontamento de horas aplicadas por esta mão-de-obra ao produto, também vinculado ao sistema de ordens de produção, permite que os valores dispendidos com salários e encargos sociais possam ser diretamente apropriados ao respectivo produto.
- **Outros custos diretos** referem-se aos valores que eventualmente o produto necessita receber para sua manufatura. Em geral, é caracterizado por serviços específicos subcontratados ou despesas

também específicas e claramente identificadas e contabilizadas ao respectivo produto.

Os **custos indiretos de fabricação** são os valores referentes aos insumos de produção, não considerados como custos diretos, e constituídos basicamente pelos seguintes gastos:

- **Mão-de-obra indireta**, refere-se ao valor de salários e encargos sociais dispendidos com funcionários que tem atividades voltadas para o processo produtivo como um todo, e não especificamente para o produto. Imagine, por exemplo, um engenheiro de processo de usinagem, que deve definir a fabricação dos vários componentes usinados, que são aplicados nos mais variados produtos.
- **Depreciação dos bens patrimoniais industriais**, corresponde ao valor de depreciação de máquinas, equipamentos, instalações e edifícios.
- **Amortização de ferramentas e dispositivos**, corresponde ao valor da amortização dos mesmos, quando existe utilização contínua e comum a todos os produtos.
- Gastos com **manutenção**, refere-se ao valor de materiais, peças e serviços aplicados na preservação de bens da área industrial, conforme visto em 4.3.7.
- Gastos com a **energia elétrica** consumida no processo produtivo.
- Gastos com os **materiais auxiliares** e também consumidos no processo produtivo, porém não agregados diretamente ao produto.
- Gastos com sistemas de **processamento de dados e comunicações** na área industrial.
- Gastos com **treinamento e benefícios** à funcionários (transporte, alimentação, assistência médica, equipamentos de segurança e proteção individual, seguro de vida, plano de aposentadoria complementar).
- Gastos com **material de escritório, viagens, aluguéis, serviços de terceiros, e outros gastos** menores decorrentes do sistema de manufatura.

Todos estes custos vistos acima, que compõem o custo industrial, podem ser previstos e fazem parte da proposta para venda do produto, conforme visto em 4.3.1. O Planejamento e Controle da Produção, através da evolução das ordens de compra e de produção, pode então exercer um monitoramento também dos valores esperados para a fabricação do produto. Pela análise e acompanhamento dos valores previstos para o produto, informados pelo sistema de coordenação de Contratos, e pela verificação dos valores realizados, fornecidos pelo sistema de custeio industrial, o PCP interage com a área de Contratos para solucionar os desvios.

Além do custo industrial, como conceituado acima, outros custos compõem o custo total do produto, e também são acompanhados por Contratos, com o objetivo de assegurar o resultado econômico-financeiro esperado para o fornecimento do produto ao cliente. Entre estes outros custos destacam-se:

- Valor da mão de obra de Engenharia aplicada no projeto do produto;
- Valor de mão de obra de assistência técnica ou montagem de campo requerida pela condição de venda do produto;
- Gastos relacionados com a venda do produto, tais como: comissões, royalties, fretes e transportes para entrega do produto, viagens internacionais no caso de exportações, etc.;
- Valor dos impostos incidentes sobre a venda do produto, tais como: PIS, COFINS, ISS, ICMS, IPI, etc.

5. O PRODUTO E SUA CARACTERIZAÇÃO

5.1 Introdução

A unidade da Sade Vigesa localizada em Araraquara é caracterizada pela sua capacidade de manufatura de várias linhas de produtos simultaneamente.

Esta flexibilidade tem permitido a esta unidade atender a uma demanda cíclica observada no mercado de bens de capital sob encomenda a nível nacional.

As encomendas de bens de capital no Brasil, estão relacionadas com os ciclos de investimentos em cada setor da economia, que proporcionam a demanda dos respectivos produtos. Assim, as encomendas oscilam entre os diferentes produtos, passando periodicamente e alternadamente por uma variada demanda.

Neste segmento, os produtos estão representados principalmente por: motores diesel de aplicação naval; equipamentos aplicados para produção das usinas siderúrgicas; locomotivas; hidrogeradores e turbinas aplicados nas usinas hidroelétricas; guindastes portuários; pontes rolantes; trens metroviários; equipamentos para exploração de petróleo, etc.

Além disso, desde os anos oitenta observa-se forte retração no volume de investimentos do país, tornando esta situação ainda mais delicada.

No início dos anos noventa, a tendência passa a ser de concentração em algumas linhas de produto (core business), submetendo as outras linhas a uma "avaliação de oportunidade" do mercado.

É neste contexto de passado recente e situação atual que se destacam os principais produtos da unidade industrial em questão. A conceituação e caracterização dos produtos apresentados a seguir estão baseadas nas especificações técnicas de comercialização da Sade Vigesa.

5.2 Produtos para Geração de Energia Elétrica

Nesta linha de produtos destacam-se os **Hidrogeradores** e as **Turbinas Hidráulicas**, além de outros sub-sistemas (Excitação, Regulação de Tensão, Proteção, Controles e Sistemas Auxiliares) que compõem um sistema de geração de energia elétrica através do aproveitamento hidroelétrico proporcionado pelos rios.

A classificação mais importante do aproveitamento hidroelétrico é quanto às características de produção da energia, definindo as usinas a fio d'água e de acumulação.

Usinas a fio d'água são as que não dispõem de um reservatório, tendo como consequência uma produção irregular de energia, em função das oscilações de vazão do rio.

As usinas de acumulação possuem um reservatório de porte suficiente para permitir uma otimização da produção da energia em função da demanda.

Na figura 5.1 está representada a casa de força de uma usina de acumulação, formada pelo conjunto da Turbina, ilustrada na parte inferior do desenho, pelo conjunto do Hidrogerador, esquematizado na porção central do desenho, e por uma Ponte Rolante, equipamento que permite a instalação e a manutenção dos conjuntos citados, visualizada na parte superior do desenho.

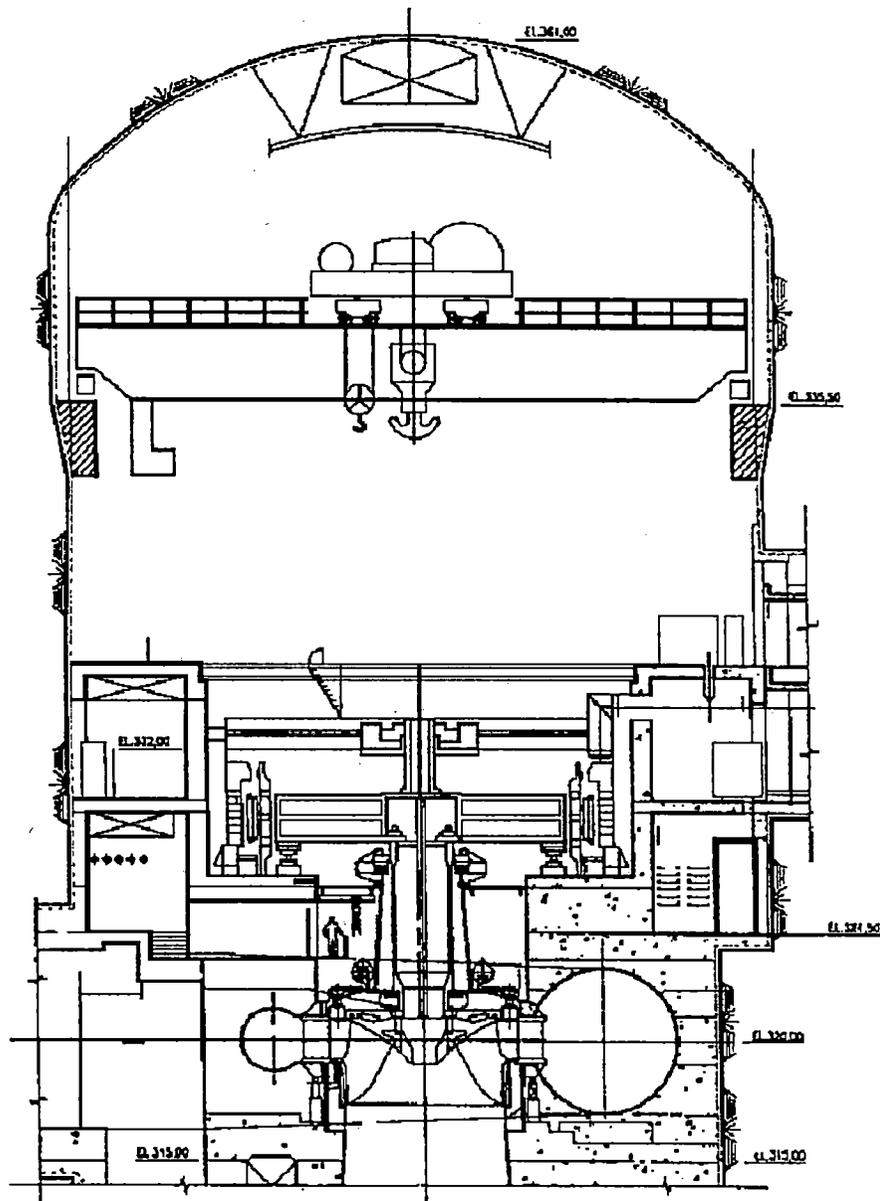


Figura 5.1 - Casa de força de uma usina hidroelétrica típica

5.2.1. HIDROGERADORES

Praticamente toda a energia elétrica consumida nas residências e indústrias no Brasil é fornecida pelos geradores síncronos das usinas que produzem eletricidade.

Os geradores síncronos são máquinas elétricas girantes. As máquinas elétricas classificam-se em girantes ou estáticas, conforme tenham ou não elementos que se movimentam durante a operação. São dispositivos eletromagnéticos que transformam energia mecânica em elétrica (gerador) ou vice-versa (motor), transformam níveis de tensão ou armazenam energia na forma magnética.

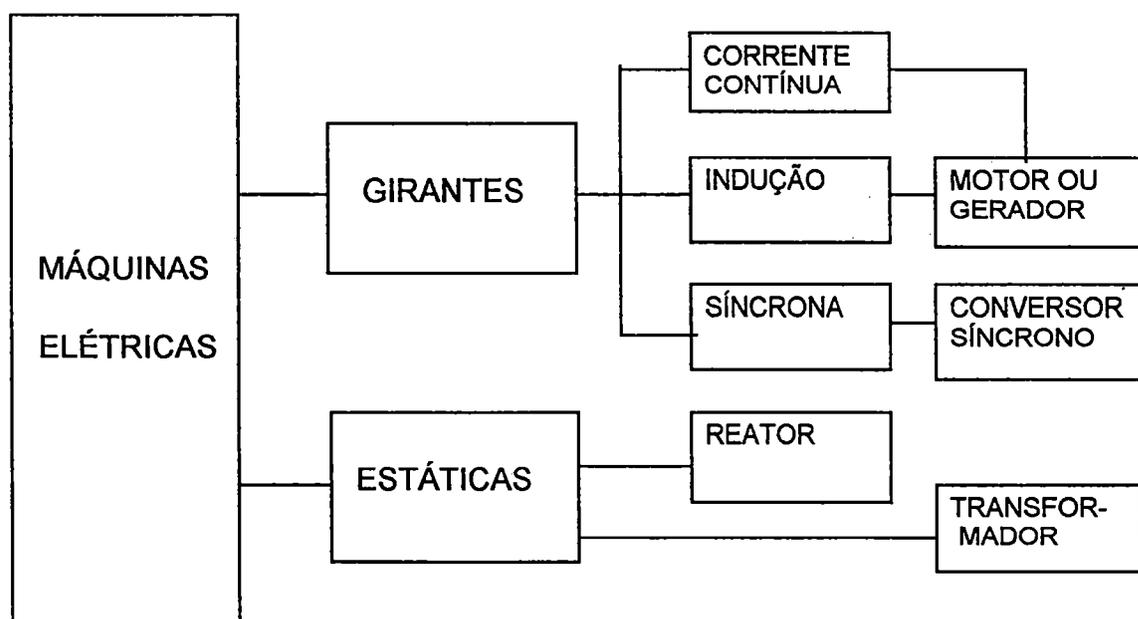


Figura 5.2 - Classificação das máquinas elétricas

Hidrogeradores são geradores síncronos acionados por turbinas hidráulicas. Na Sade Vigesa, estas máquinas são projetadas e fabricadas, com um estator fixo e um rotor girante, geralmente de médio ou grande porte.

Através de uma especificação técnica, são estabelecidos os principais requisitos técnicos necessários ao projeto de um grande hidrogerador, que são:

- arranjo construtivo;
- momento de inércia requerido;
- velocidade de disparo da turbina;
- elevação do acoplamento e piso do hidrogerador;
- sentido de rotação;
- potência;
- fator de potência;
- tensão;
- frequência;
- classe de isolamento e temperaturas do estator e rotor;
- rotação ou n° de pólos;
- características elétricas como: relação de curto-circuito, reatâncias, rendimentos, etc.

5.2.1.1 Principais Componentes de um Hidrogerador

Dado o porte e a complexidade de um hidrogerador, seus principais subconjuntos podem atingir a magnitude de um produto isolado, para composição na montagem final e completa do hidrogerador. São estes componentes, ou subconjuntos, que estão destacados a seguir.

5.2.1.1.1 Estator

O estator é constituído pela carcaça, núcleo magnético e enrolamento do estator.

A **carcaça** do estator é fabricada a partir de chapas de aço soldadas e podem ser constituídas em seções para facilitar manuseio e transporte.

A carcaça é formada por anéis (prateleiras) unidas entre si através de nervuras, as quais além de transmitir as forças tangenciais de um anel para

o outro, ainda tem a função de orientar o ar em direção aos trocadores de calor (radiadores) distribuídos ao redor da carcaça.

O **núcleo magnético** do estator é constituído de lâminas de aço silício de alta qualidade que proporciona baixas perdas elétricas. As lâminas são estampadas com precisão, isentas de rebarbas e tratadas superficialmente com verniz isolante curado a alta temperatura.

Com a finalidade de se obter uma ventilação uniforme, as lâminas são empilhadas igualmente espaçadas por dutos de ventilação que permitem a passagem do ar de refrigeração, ao longo de toda a altura do núcleo.

O **enrolamento do estator** pode ser constituído de bobinas do tipo espira múltipla ou de espira única, que são inseridas na ranhura do estator.

É usual para os grandes hidrogeradores a utilização de barras com espira única, com isolamento termorígido.

5.2.1.1.2 Rotor

O rotor é constituído pela armação do rotor, anel magnético e pólos com enrolamento.

A **armação** do rotor é fabricada de chapas de aço com braços radiais e soldadas de modo a formar uma estrutura rígida. Devido às dimensões, pode ser fabricada em partes e soldadas no campo. Neste caso, tem-se então, um cubo central e a aranha do rotor feita em seções.

O **anel magnético** é formado por lâminas de aço de alta resistência empilhadas em camadas, e tem como funções principais garantir o GD2 necessário para a unidade, servir como meio de fixação dos pólos e garantir o entreferro requerido pelo projeto eletromagnético.

O GD2 é o parâmetro que mede a inércia do rotor, ou seja, a capacidade que as partes rotativas tem em se opor a uma alteração de rotação.

Este parâmetro é obtido através do produto do peso do rotor(w) pelo quadrado do diâmetro(d) correspondente ao raio de giração.

$$GD^2 = w \times d^2$$

Os **pólos** são formados por lâminas de aço com características magnéticas garantidas, comprimidas nas extremidades por placas de aperto, através de tirantes e porcas. O conjunto é montado no anel magnético.

5.2.1.1.3 Cruzetas

Cruzetas são de dois tipos: cruzeta superior e cruzeta inferior.

A cruzeta superior tem como função básica suportar a cobertura superior (tampas) do hidrogerador.

A cruzeta inferior tem estrutura semelhante à cruzeta superior, e normalmente é formada por um cubo central e braços radiais. A função é de transmissão de cargas que agem sobre o mancal, para o concreto da fundação do hidrogerador.

5.2.1.1.4 Mancais

O **mancal de escora** é formado basicamente por um anel segmentado apoiado sobre molas e recoberto de metal patente (babite). É sobre este anel que um outro anel (anel rotativo) solidário as partes rotativas irá deslizar.

Todo o conjunto do mancal de escora trabalha sempre imerso em óleo.

O **mancal de guia** também é formado por um conjunto de segmentos recobertos com metal patente.

Os segmentos são parcialmente imersos em óleo, sendo o óleo bombeado para a parte superior dos mesmos através da ação de rotação do próprio eixo.

É previsto um sistema de refrigeração para o óleo.

5.2.1.1.5 Eixo

O eixo do hidrogerador é fabricado em aço forjado tratado termicamente e submetido a inspeção 100% por ultrassom, sendo usinado em todas as dimensões e polido na superfície de contato dos mancais.

Na extremidade inferior do eixo existe um flange para o acoplamento com o respectivo flange do eixo da turbina.

5.2.1.1.6 Sistema de Refrigeração

Os hidrogeradores podem ser abertos ou fechados. A tendência de grandes hidrogeradores é a utilização de um sistema de resfriamento de ar em circuito fechado, utilizando radiadores ar-água dispostos simetricamente ao redor da periferia da carcaça. O ar, após sua passagem pelos radiadores retorna ao hidrogerador por aberturas nas partes superior e inferior.

A circulação do ar é obtida pela ação de ventilação do rotor que força a passagem do ar pelos canais de ventilação do anel magnético, passando a seguir pelos dutos no núcleo do estator.

Os radiadores são montados em paralelo no circuito da água de refrigeração, permitindo a remoção de um radiador sem interferir com o funcionamento dos outros.

5.2.1.1.7 Sistema de Frenagem e Levantamento

O sistema de frenagem e levantamento do rotor é constituído de um conjunto de cilindros operando com ar comprimido durante a operação de frenagem ou com óleo durante a operação de levantamento do rotor, de modo a erguer toda a parte girante da unidade e permitir a inspeção ou manutenção dos mancais.

5.2.1.1.8 Instrumentos e Acessórios

Os instrumentos e acessórios requeridos dependem do grau de proteção e monitorização desejada no equipamento, sendo básicos os seguintes instrumentos de um hidrogerador:

- Detetores de temperatura tipo resistência
- Termômetros tipo bulbo e dial
- Medidores de vazão
- Indicadores de nível de óleo do mancal
- Resistência de aquecimento

- Interruptores fim de curso

Na figura a seguir está representado o desenho em corte de um hidrogerador vertical de grande porte.

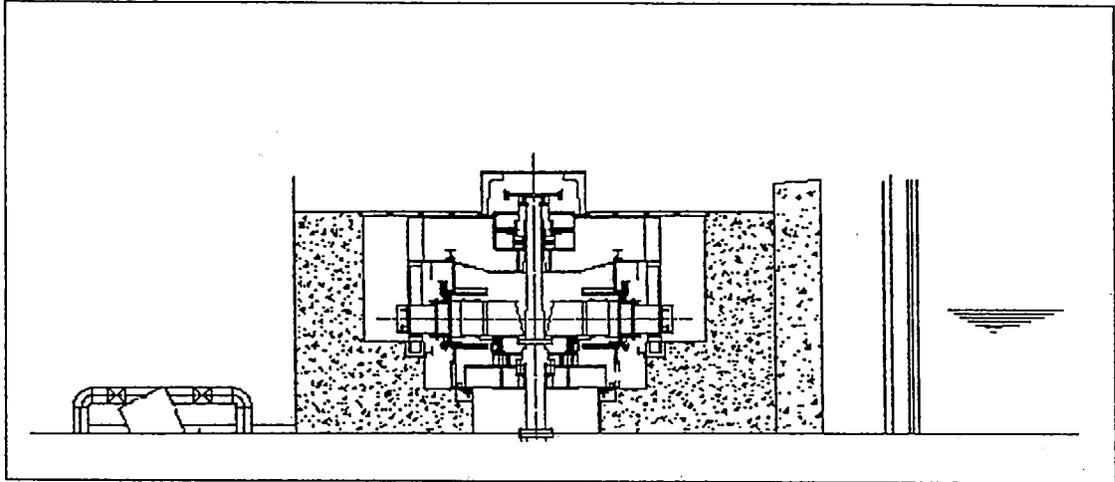


Figura 5.3 - Desenho em corte de um hidrogerador vertical

5.2.2 TURBINAS HIDRÁULICAS

São os equipamentos que transformam a energia hidráulica em energia mecânica, acionando um hidrogerador que irá transformar esta energia mecânica em energia elétrica.

A potência total a ser instalada na usina é definida pelos estudos hidrológicos e hidroenergéticos. Porém, a potência de cada grupo gerador, ou seja, o número de unidades a serem instaladas, depende de fatores como regime de operação, tipo da usina, tipo da turbina e limites de fabricação e transporte existentes. De maneira geral, quanto menor o número de unidades, menor o custo de aproveitamento, porém menor a flexibilidade operacional.

Dos conceitos gerais de queda, vazão e potência, e sendo a energia do fluido definida pelo termo de Bernoulli, tem-se:

$$e = \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + g \times z$$

onde:

e = energia

p = pressão

ρ = densidade do fluído

v = velocidade do fluído

g = a aceleração da gravidade

z = a cota (altitude)

No caso da superfície de um reservatório, o fluído está em repouso e a pressão é a atmosférica (Pa) :

$$e_1 = \frac{P_a}{\rho} + gZ_1$$

Análogamente, no nível inferior à barragem:

$$e_2 = \frac{P_a}{\rho} + gZ_2$$

Assim, a energia disponível num aproveitamento hidráulico é a diferença entre os dois estados e resulta exclusivamente de uma diferença entre cotas, ou seja de uma queda :

$$e_1 - e_2 = g (z_1 - z_2) = g H_b$$

onde H_b = queda bruta.

5.2.2.1 Principais Componentes de uma Turbina

A exemplo do hidrogerador, também os subconjuntos da turbina são de natureza complexa e podem adquirir características de produto em si, para composição na montagem final. Estes componentes, ou subconjuntos, estão destacados a seguir.

5.2.2.1.1 Caixa Espiral

A caixa espiral tem como função receber a água do conduto forçado e distribuí-la de modo uniforme ao redor do rotor da turbina.

É composta de virolas calandradas que, quando planificadas, possuem um contorno bastante complexo. Por isso, na sua fabricação, é utilizada uma máquina de oxi-corte de controle numérico, e um programa computacional que calcula as coordenadas do perfil bidimensional. Esse processo é bastante preciso e rápido.

A caixa espiral é enviada ao campo nos maiores conjuntos possíveis, dependendo das limitações de transporte, e esses conjuntos são unidos por solda de campo que são 100% radiografadas. Após a montagem de campo, a caixa espiral normalmente é testada com uma pressão interna de água de cerca de 1,5 vezes a pressão do projeto para verificação de estanqueidade nas soldas.

5.2.2.1.2 Pré-Distribuidor

O pré-distribuidor é um anel que vem imediatamente após a caixa espiral e tem como função suportar as cargas aplicadas pela caixa espiral, tampa da turbina e pressão de água no seu interior. Em unidades de eixo vertical, as cargas devido ao peso do concreto, do gerador e as cargas no mancal de escora são transmitidas às fundações por seu intermédio.

O pré-distribuidor é composto de um anel superior e outro inferior ligados entre si pelas palhetas fixas. Ele pode ser totalmente de construção fundida, fabricado totalmente em chapas de aço soldadas ou de construção mista. Sempre que possível, a construção em chapas de aço soldadas é preferida por ser mais econômica.

O pré-distribuidor é montado experimentalmente na fábrica. Após a sua montagem na obra, ele sofre normalmente um teste de pressão juntamente com a caixa espiral como já foi descrito anteriormente.

Após o teste de pressão em unidades verticais, o pré-distribuidor é parcialmente embutido no concreto da casa de força juntamente com a caixa espiral.

5.2.2.1.3 Distribuidor

O distribuidor é um importante subconjunto da turbina formado por palhetas diretrizes, tampa da turbina, anel inferior, anel de descarga, aro da câmara do rotor, anel de regulação, bielismo, dispositivo de fricção ou biela de flambagem e servomotor; cujas características básicas estão sumarizadas a seguir.

As **palhetas diretrizes** estão localizadas logo após o pré-distribuidor tendo a função de regular a vazão sobre o rotor da turbina. Essa regulação de vazão é feita de forma a manter a rotação da unidade constante conforme a demanda de potência do gerador.

Conforme os esforços resultantes no corpo da palheta, ela poderá ser integralmente fundida de aço (alta e média quedas) ou fabricada com corpo em estrutura de chapa de aço soldada com hastes de aço forjado. Em geral, a região de contato das palhetas e suas superfícies deslizantes são revestidas de aço inoxidável para minimizar o desgaste durante a operação. Algumas palhetas são mesmo integralmente de aço inoxidável.

Na região dos mancais, as hastes da palheta, possuem uma proteção por luva de aço inoxidável ou revestimento cromado a fim de reduzir o desgaste normal devido a carga nos mancais.

A **tampa da turbina** tem a função de fechar a parte superior da câmara em que fica o rotor da turbina. Ela é projetada para suportar todas as cargas devido a pressão de água e aos esforços dos mancais guia e escora (se for o caso) nela apoiados. O eixo da turbina passa por ela e, nessa passagem, uma vedação de água é necessária.

A divisão da tampa em tampa externa e interna facilita a desmontagem uma vez que para a retirada do rotor somente a tampa interna seria retirada sem a necessidade de interferir nas palhetas diretrizes.

Em geral as tampas são fabricadas a partir de chapas de aço soldadas com cubos dos mancais fundidos e revestidos de aço inoxidável na superfície de deslizamento das palhetas diretrizes. Após a fabricação e

antes da usinagem as tampas sofrem tratamento térmico para alívio de tensões. A usinagem das tampas também possui tolerâncias bastante apertadas a fim de garantir a montagem de todo o conjunto na fábrica e no campo.

O **anel inferior** forma a superfície de passagem hidráulica imediatamente abaixo das palhetas diretrizes e contém os seus mancais inferiores, que como os superiores podem ser autolubrificantes ou de bronze lubrificadas a graxa. É fixado ao pré-distribuidor por solda ou por parafusos.

Normalmente, como na tampa externa, o anel inferior recebe um revestimento de aço inoxidável na superfície de movimentação das palhetas diretrizes a fim de minimizar o desgaste.

O **anel de descarga** pertence somente a turbina tipo Francis e é um anel estacionário que circunda a região da cinta do rotor, servindo de apoio ao anel inferior e ligando o tubo de sucção ao pré-distribuidor. Essa ligação é feita em geral por solda.

Esse componente serve também para apoiar o rotor durante uma eventual montagem ou desmontagem da unidade, é projetado para suportar a pressão hidráulica e o peso do rotor com eixo durante a manutenção.

Para sua fabricação são utilizadas chapas de aço soldadas que sofrem tratamento térmico para alívio de tensões.

O **aro da câmara do rotor**, como o próprio nome diz, situa-se ao redor do rotor Kaplan ou Hélice ligando o tubo de sucção ao anel inferior. Sua fixação ao tubo de sucção e ao anel inferior é normalmente feita por solda, embora ligação aparafusada com o anel inferior também possa ser utilizada.

É um componente projetado para suportar as cargas de pressão hidráulica. Pode ser fabricado de chapas de aço soldadas ou de aço fundido. Em ambos os tipos de construção, em geral, um revestimento de

aço inoxidável é requerido na sua parte interna para evitar cavitação em sua superfície. Também pode ser feito totalmente em aço inoxidável de chapa ou fundido. Sofre tratamento térmico para alívio de tensões após construção soldada.

O **anel de regulação** faz parte do mecanismo de acoplamento do distribuidor e transmite a ação do servomotor às bielas do distribuidor. Tem também a função de sincronizar o movimento de forma a garantir em cada posição que todas as palhetas diretrizes estejam no mesmo ângulo de abertura de forma a uniformizar o fluxo em torno do rotor da turbina.

O **bielismo** tem a função de transmitir o movimento do anel de regulação às palhetas diretrizes.

É composto de alavancas, bielas, pinos, mancais, etc, que permitem a movimentação das palhetas diretrizes com os menores esforços possíveis.

A **Biela de Flambagem** permite a movimentação relativa entre a alavanca da palheta e a alavanca de cisalhamento introduzindo um atrito entre as duas para evitar ou amortecer o movimento violento da palheta.

Esse dispositivo normalmente é composto de chapas de aço, prisioneiros, pinos elásticos e molas prato que fornecerão a força regulável necessária para se obter o atrito desejado.

O **servomotor** tem a função de fornecer o trabalho (força) necessário para a operação do distribuidor. Em geral, é conectado ao anel de regulação que distribui a força uniformemente às alavancas e bielas, sendo acionado por óleo do sistema de pressão da unidade e controlado pela válvula de distribuição do regulador.

5.2.2.1.4 Tubo de Sucção

O tubo de sucção tem a função de recuperar a energia hidráulica reduzindo a velocidade do fluxo; é em geral bastante longo e de concreto, possuindo uma parte revestida em chapas de aço. Esse revestimento é necessário onde a velocidade da água é maior que aproximadamente 7m/s para evitar danos na superfície do concreto. Muitos clientes exigem o revestimento do tubo de sucção além do limite acima, para evitar o custo da forma de concreto que também é dispendiosa devido ao perfil complexo do tubo de sucção.

5.2.2.1.5 Rotor

O rotor é o componente que transforma a energia hidráulica em energia mecânica. Ele é projetado para suportar as cargas hidráulicas em qualquer condição e suportar os esforços resultantes da condição de disparo. A geometria (diâmetros, proporções, número de pás) dos rotores é determinada em função da queda d'água e da potência a ser gerada.

Entre os vários tipos de rotores, destacam-se quatro mais utilizados, que são Francis; Hélice; Kaplan e Pelton.

O **rotor Francis** é constituído de : uma cinta, coroa e um determinado número de pás que são fixadas à cinta e à coroa, além de um cone fixado à parte inferior da coroa e que serve de guia ao fluxo d'água na saída do rotor. Nos diâmetros externos da coroa e da cinta são montados os anéis de desgaste rotativos, de aço inox, em contraposição aos anéis estacionários da tampa e do anel inferior. A pequena folga nestas regiões evita a perda de água que provocaria uma diminuição da eficiência

O formato do rotor Francis depende da queda. Para altas quedas, o rotor é largo e baixo, recebendo um fluxo de água que se aproxima do radial, enquanto que para baixas quedas o rotor é alto, com o diâmetro da cinta maior que o diâmetro da coroa, com um fluxo de entrada com componente axial mais pronunciada.

O **rotor Hélice** é constituído normalmente de 3 a 7 pás ligadas rigidamente ao cubo do rotor. O fluxo através do rotor é axial e é utilizado para baixas quedas. Normalmente as pás e o cubo são fundidos separadamente mas em alguns casos de rotores pequenos é utilizada fundição integral. As pás, quando fundidas em aço carbono, são protegidas por revestimento de aço inox nas áreas mais críticas, sujeitas à cavitação e erosão.

Externamente o **rotor Kaplan** é similar ao rotor Hélice, porém as pás não estão rigidamente ligadas ao cubo, são móveis de maneira a ajustar a sua abertura à abertura das palhetas do distribuidor, permitindo assim uma otimização da eficiência do rotor em diversas condições de carga.

O cubo e as pás são de aço fundido. Dependendo das condições de cavitação e erosão, as pás podem ser fundidas em aço inox, ou receber revestimento inox. A ogiva pode ser fundida ou de chapa de aço e desempenha função hidráulica semelhante ao cone do rotor Francis.

O **rotor Pelton** é constituído de um disco dotado de um número conveniente de pás Pelton. Os jatos d'água que saem dos injetores (ou do injetor) atingem as pás em ambiente atmosférico, ocorrendo a transformação de energia puramente cinética (de velocidade) em energia mecânica. Este tipo de rotor é utilizado para altas quedas.

A maioria dos rotores Pelton modernos são fundidos integralmente em aço inox. Embora não estejam sujeitos a cavitação, são muito vulneráveis à erosão causada por partículas em suspensão na água devido à alta velocidade do fluxo.

5.2.2.1.6 Eixo

O eixo é o componente encarregado de transmitir o torque do rotor da turbina ao rotor do gerador.

Além de suficiente para transmissão do torque, o diâmetro do eixo deve ser tal que a primeira rotação crítica esteja acima da máxima rotação prevista, com uma margem suficiente de segurança.

Normalmente o eixo é fabricado em aço forjado, integralmente com as flanges e com o colar do mancal de guia.

5.2.2.1.7 Mancais

Nas turbinas são utilizados dois tipos de mancais:

- mancal guia, instalado na tampa da turbina;
- mancal de escora.

O **mancal guia**, nas turbinas verticais, serve de apoio lateral ao eixo. Nas máquinas horizontais, o mancal guia deve também suportar o peso das partes rotativas, em conjunto com o mancal do gerador.

O **mancal de escora** é projetado para suportar todo o peso das partes rotativas do grupo (rotor da turbina, rotor do gerador e eixos), mais o empuxo hidráulico originado no rotor da turbina.

O mancal de escora é constituído de segmentos pivotados sobre um bloco de escora. Sobre estes segmentos se apoia o colar de escora, rotativo, acoplado ao eixo. Com o movimento de rotação forma-se uma cunha hidrodinâmica de óleo lubrificante que constitui o filme sobre o qual se apoia o colar.

Na partida das máquinas verticais, este filme não se forma até que se atinja uma certa rotação. Por este motivo, existe um sistema de óleo a alta pressão que injeta lubrificante entre as sapatas e o colar rotativo, impedindo o contato direto metal-metal que danificaria o mancal.

5.2.2.1.8 Vedação do Eixo

A vedação do eixo tem por finalidade impedir a passagem da água pela tampa. Normalmente se utilizam vedações constituídas de dois ou três anéis de carbono, dependendo da pressão atuante.

A água filtrada é introduzida pela vedação formando um filme lubrificante entre os anéis de carbono e a superfície rotativa, proporcionando lubrificação e resfriamento.

5.2.2.1.9 Sistema de Lubrificação

Devido ao grande número de pontos de lubrificação, normalmente se utiliza um sistema centralizado automático. Este sistema se compõe de uma bomba de graxa de alta pressão, que transfere o lubrificante de um reservatório a um sistema de tubos e válvulas dosadoras. Estas válvulas injetam quantidades calibradas de graxa a ramificações que levam a válvulas dosadoras secundárias ou aos pontos de lubrificação. A atuação das válvulas é progressiva, ou seja, cada ramal é abastecido com o volume necessário, então este ramal é bloqueado e começa a alimentação de outro ramal. Assim evita-se o desperdício de graxa nova e garante-se a renovação de graxa em todos os mancais, podendo-se regular o tempo decorrido entre dois ciclos consecutivos.

5.2.2.1.10 Sistema de Regulação

O sistema de regulação da turbina é o responsável, durante a operação, pelo funcionamento estável da unidade, controlando a abertura das palhetas diretrizes de maneira que a turbina gire sempre a uma rotação muito próxima da velocidade síncrona. Quando há um aumento de carga no sistema, a rotação da turbina tende a cair. O regulador detecta a queda na rotação e comanda a abertura das palhetas, aumentando a potência gerada e restabelecendo a rotação síncrona. Se houver uma diminuição de carga, ocorre o inverso.

Na partida da unidade, o regulador comanda a abertura do distribuidor para a rotação nominal sem carga no gerador. Após a

sincronização da unidade com a rede, o gerador vai adquirindo carga gradualmente, enquanto o regulador comanda a abertura das palhetas.

Na parada da unidade, normal ou de emergência, o regulador comanda o fechamento do distribuidor. Além da partida e parada da unidade e controle da rotação, normalmente o regulador executa as funções de parada de emergência, controle de sobrevelocidade, limitação de potência e de detecção de movimento do eixo com a máquina parada.

5.2.2.1.11 Sistema de Pressão

O sistema de pressão é constituído pelo tanque de pressão, unidade de bombeamento e central de ar comprimido.

O **tanque de pressão** é o órgão responsável pelo fornecimento de óleo sob pressão aos servomotores do distribuidor (e das pás dos rotores Kaplan). O tanque é parcialmente cheio de óleo, e o restante do volume é ocupado por ar comprimido.

A **unidade de bombeamento** se constitui de auto-bombas de óleo, um reservatório de óleo e das válvulas e acessórios necessários para controle. O reservatório de óleo tem um volume suficiente para receber todo o óleo do sistema de regulação com uma margem de segurança. O nível de óleo é supervisionado por uma chave de nível.

A **central de ar comprimido** é responsável pelo fornecimento de ar ao tanque de pressão ar-óleo. Normalmente, o sistema se compõe de dois compressores de ar, um tanque de armazenamento de ar, tubulações, válvulas e acessórios. O compressor alimenta o tanque de ar, sendo ligado e desligado automaticamente por pressostatos. O tanque de ar, por sua vez é conectado aos tanques de pressão ar-óleo. A admissão de ar no tanque de pressão é liberada por uma válvula solenóide, controlada pelo regulador.

5.2.2.1.12 Válvulas

As válvulas de fechamento, instaladas a montante das turbinas são utilizadas quando o conduto forçado é muito longo ou quando um conduto alimenta duas ou mais turbinas.

As válvulas de fechamento tem duas funções:

- Fechamento da Turbina para Manutenção

Com o fechamento da válvula, não é necessário o esvaziamento do conduto forçado; caso o conduto alimente mais de uma turbina, uma turbina pode estar em manutenção, isolada pela válvula, enquanto as outras unidades operam normalmente.

- Fechamento de Emergência

Caso haja uma rejeição de carga e o distribuidor não feche devido a alguma falha do regulador é comandado o fechamento de emergência da válvula, cortando o fluxo d'água.

Nos casos em que não são usadas válvulas de fechamento, estas funções são executadas pelas comportas da tomada d'água.

5.2.2.1.13 Comporta Ensecadeira - STOP LOG

A comporta ensecadeira do tubo de sucção é utilizada para vedar a seção de saída do tubo de sucção (ou uma seção próxima à saída), permitindo o esvaziamento deste, para fins de inspeção e manutenção da turbina. A comporta ensecadeira é projetada para suportar a máxima pressão de jusante com o tubo de sucção vazio.

Normalmente existem na usina comportas ensecadeiras em número suficiente para o fechamento de um tubo de sucção. Cada comporta ensecadeira é constituída de um ou mais painéis, que são manobrados individualmente através de um equipamento apropriado (ponte rolante, pórtico rolante ou talha em monovia). Com um número maior de painéis, a capacidade necessária do órgão de manobra diminui, aumentando porém o tempo de colocação e retirada das comportas.

Na figura a seguir está representado o desenho em corte de uma turbina hidráulica.

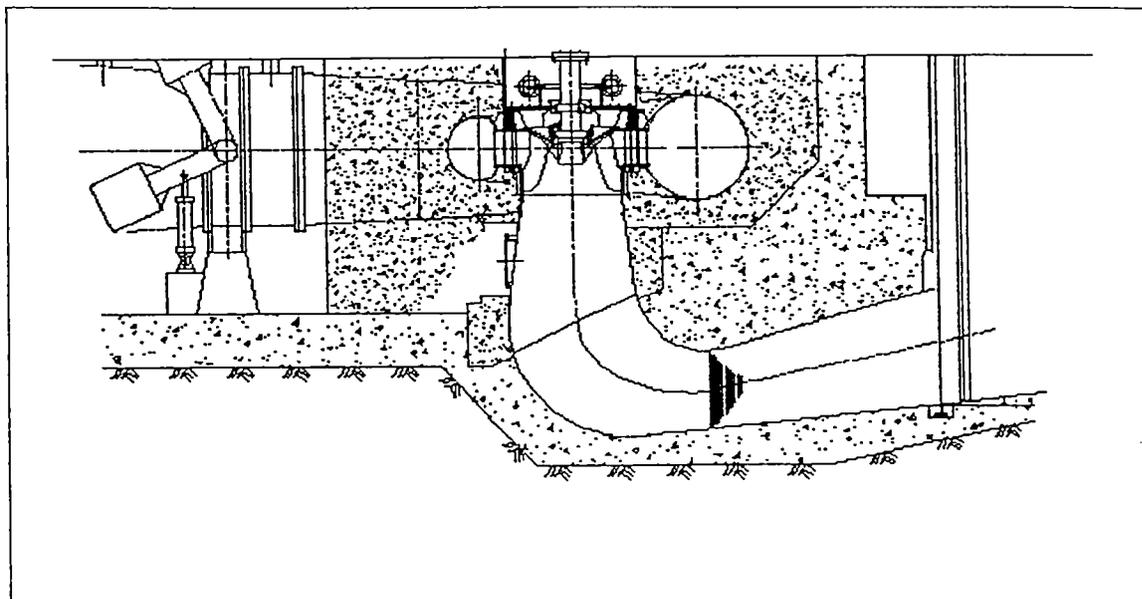


Figura 5.4 - Desenho em corte de uma turbina hidráulica

5.3 Produtos para Extração de Petróleo

Nesta linha de produtos destacam-se a **Árvore de Natal Molhada (ANM)** e o **Blow Out Preventer (BOP)**, equipamentos utilizados na extração marítima de petróleo.

5.3.1 ÁRVORE DE NATAL MOLHADA (ANM)

5.3.1.1 Descrição

A **Árvore de Natal Molhada** é um equipamento para uso submerso, constituído basicamente por um conjunto de válvulas gaveta, atuadas hidraulicamente, instalado sobre uma cabeça de poço.

Tem por função principal permitir o fluxo dos poços de petróleo, controlando a produção de óleo e gás, além de possibilitar outras operações, como: injeção de água ou gás, amortecimento, lavagem das linhas, etc.

O equipamento permite uma antecipação da produção, pois dispensa o uso de uma plataforma fixa sobre o poço durante a fase de produção, sendo necessário apenas o uso de uma plataforma semi-submersível durante a instalação da ANM. Esta é controlada por uma plataforma de produção através de linhas flexíveis e de controle conectadas a um painel.

O sistema hidráulico da ANM possibilita o controle de todas as funções hidráulicas durante a instalação e o controle das válvulas durante a produção.

O controle pode ser direto ou sequencial.

Controle direto - pode ser feito com "tree cap" ou "suttle valve".

A "tree cap" permite uma abertura do circuito hidráulico entre a placa hidráulica e o atuador de modo que ao ser retirada e instalada a ferramenta da ANM, é possível acesso aos atuadores.

A "suttle valve" é uma válvula comutadora. Possui duas entradas e uma saída. Quando pressurizada por um lado, bloqueia o acesso pelo outro.

Controle sequencial - nas ANMs com controle sequencial, existem apenas quatro maneiras de abrir as válvulas, chamadas de Mode.

No Mode 1 são abertas as válvulas para lavagem das linhas de 4" e 2". No Mode 2 são abertas as válvulas para a produção pela linha de 2". No Mode 3, através de um comando eletrohidráulico, é permitida a abertura seletiva das válvulas semelhantes as ANMs com controle direto. No Mode 4 são abertas as válvulas normais de produção.

Um mandril situado no topo da ANM denominado de multidistribuidor da ANM (Tree Manifold), permite o travamento da ferramenta de instalação da ANM no poço e o acesso às funções hidráulicas da mesma, bem como às passagens de 2" e 4", além de possuir alojamento para plug de "wire line".

Os atuadores hidráulicos das válvulas gaveta são do tipo "Fail Safe Close" (normalmente fechados).

Ao serem pressurizados para abertura da gaveta, uma mola é comprimida. Retirando a pressão, a mola promove o fechamento da mesma, com a consequente expulsão do óleo. O compartimento da mola é cheio de óleo e está ligado a reservatório de compensação.

A pressão de trabalho dos atuadores hidráulicos de todas as ANMs é de 1.500 psi.

5.3.1.2 Evolução

No início de 1985, a Petrobrás descobria o Campo de Marlim na Bacia de Campos, com a perfuração do poço 1-RJS-219 em lâmina d'água de 853 metros. Com esta descoberta iniciou-se uma nova fase para as rotinas operacionais de perfuração utilizadas até então. Com a perspectiva do aumento da exploração em águas profundas, tornou-se necessário a criação de um programa de identificação dos principais problemas na perfuração destes poços. Em 1986, a Petrobrás perfurava 10 poços em profundidade acima de 600 metros e operava quatro sondas de posicionamento dinâmico - PELERIN, PACNORSE I, BEN OCEAN LANCER e SEDCO 472 com capacidade de operação variando de 1000 a 1800 metros de lâmina d'água, permitindo a obtenção de um volume considerável de informações para agilização do programa.

Assim, iniciou-se o processo, utilizando-se as próprias unidades de perfuração, com a coleta de amostras de solo e ensaios de laboratório, para caracterização das camadas superficiais do fundo do mar, estudos de fundação e tratamento estatístico dos dados ambientais obtidos em cada locação (poço). Com estes dados básicos e com conhecimento dos problemas operacionais foram estabelecidas as premissas para o desenvolvimento de um projeto que mais se adaptasse às condições de operação em águas profundas. Este novo projeto procurava criar uma referência confiável para operação no fundo do mar, e para tanto estabelecia as seguintes características:

- Dispor de uma boa fundação, considerando a baixa resistência do subsolo marinho.
- Possibilitar o acompanhamento contínuo de todo o processo de instalação por meios convencionais, tal como a TV submarina.
- Permitir boa visibilidade em qualquer fase de sua utilização.
- Aproveitamento máximo do tempo dispendido na instalação.
- Flexibilidade operacional para garantir sua instalação em diferentes tipos de solo.
- Possuir características de robustez, simplicidade, confiabilidade e com operação mecanizada.
- Otimizar as operações com ROV - Remote Operate Vehicle - veículo de operação remota, "robozinho" que auxilia a instalação de equipamentos no fundo do mar, através de fornecimento de nítidas imagens a cores e capacidade de executar serviços a profundidades com alta pressão hidrostática, causada pela lâmina d'água, que impossibilita o trabalho de mergulhadores.

A confirmação das descobertas de grandes reservas em águas profundas levou a Petrobrás a se empenhar junto às indústrias nacionais e a comunidade científica no desenvolvimento tecnológico capaz de viabilizar a produção dessas reservas.

Como a Petrobrás dispõe de grande experiência na área de completação submarina com ANM e utilização de sistemas de produção

flutuantes, foi, principalmente nesta direção, que os esforços foram canalizados para acelerar a aquisição da tecnologia necessária na exploração em águas profundas.

Além disso, era meta da empresa o aproveitamento dos poços exploratórios produtores, para completação com ANM e incorporação à sistemas de produção.

Vários acordos foram feitos entre a Petrobrás e as companhias fornecedoras de equipamentos de produção, para o desenvolvimento de projetos de ANM para utilização em águas profundas.

Estes projetos seguem conceitos básicos desenvolvidos por cada companhia sob a orientação geral da Petrobrás, e são necessários testes de campo com cada modelo para a definição das características do sistema padronizado.

Para se adaptar a estas novas necessidades, a engenharia da Petrobrás concebeu um projeto com os seguintes objetivos:

- Viabilizar o aproveitamento para produção de poços exploratórios perfurados com unidades de posicionamento dinâmico.
- Padronizar os sistemas de cabeça de poços, permitindo a intercambialidade entre equipamentos de concepções diferentes, fabricados pelos diversos fornecedores. Essa padronização atinge basicamente à interface cabeça de poço versus ANM.
- Permitir que a ANM do tipo "lay away", já testada e aprovada em completações com cabos guias seja instalada em cabeça de poço originalmente sem cabos guias.
- Não oferecer obstáculo à futuras experiências com novos modelos de ANM desenvolvidos no mercado nacional ou internacional.

No atendimento a estes objetivos, o projeto apresenta as seguintes características e componentes:

- Base Guia Permanente
- Funil guia com sistema de desconexão para permitir a sua substituição por uma base de produção com ou sem postes guias ou qualquer outro tipo de funil.

- Capa protetora para permitir a troca de funil ou instalação da base de produção sem riscos de danificar o alojador de alta pressão.
- Ferramenta de instalação e retirada da capa protetora.
- Ferramenta para retirada do funil guia.
- Alojador de 30"
- Padronização de todo o perfil externo do alojador de alta pressão.

5.3.1.3 Tipos

As ANMs podem ser divididas em cinco grupos principais, devido aos diferentes conceitos e tecnologias empregados na perfuração e exploração de poços no mar.

5.3.1.3.1 D. O. - Diver Operated

Instalada e operada com auxílio de mergulhadores. Possui válvulas operadas hidráulicamente e manualmente.

O controle das válvulas é feito somente pela placa hidráulica, tanto na instalação como na produção.

5.3.1.3.2 D.A. - Diver Assisted

Instalada com auxílio de mergulhadores para conexão das linhas de fluxo.

Possui todas as válvulas operadas hidráulicamente, assim como o conector da ANM.

O controle das válvulas é feito através do "tree manifold" durante a instalação e através da placa hidráulica durante a produção.

A profundidade de operação é da ordem de 350 metros de lâmina d'água.

5.3.1.3.3 DLP - Diverless Pull-in

ANM a ser instalada sem auxílio de mergulhadores.

A conexão das linhas de fluxo é feita através de ferramentas que possibilitam a puxada das linhas ao encontro da ANM (pull-in) através de cabos de aço. O acoplamento final das linhas à ANM é feita através de conectores hidráulicos.

Possui a mesma disposição das válvulas da DA.

5.3.1.3.4 DLL - Diverless Lay-away

A conexão das linhas de fluxo é feita na superfície e as linhas são lançadas ao mesmo tempo em que a ANM é descida (lay-away).

Em caso de intervenção com retirada da ANM, as linhas permanecem no fundo.

Possui a mesma disposição das válvulas da DA.

5.3.1.3.5 GLL - Diverless Lay-away Gidelineless

Possui as mesmas características da DLL, porém é instalada sem o auxílio de cabos guia (gidelineless).

Toda ANM tipo Diverless (sem mergulhadores) exige a descida e instalação de uma base de alinhamento antes da descida da própria ANM. Esta base visa o posicionamento e alinhamento do flange de produção da ANM com o flange das linhas da produção.

5.3.1.4 Principais Componentes de uma ANM

Uma ANM é um equipamento complexo, com elevada exigência tecnológica de manufatura e constituída por centenas de itens montados em subconjuntos.

Estão a seguir descritos os principais componentes, ou subconjuntos que compõem uma ANM.

5.3.1.4.1 Base Adaptadora de Produção - BAP

A BAP assenta e veda na cabeça do poço, estabelecendo o local para assentamento, orientação, vedação e travamento do suspensor de tubulação. Possui um alojador para montagem com o conector da ANM ou do BOP. A parte inferior deste alojador é preparada para fixação do sistema de vedação no diâmetro interno da cabeça de poço. A estrutura em chapas de aço da BAP é preparada para guiar a entrada nos postes da base guia do poço.

A parte frontal da BAP recebe o mandril das linhas de fluxo, e está preparada para ter funções operadas por ROV. Todo o sistema recebe uma proteção catódica feita por anodos de sacrifício a base de zinco.

5.3.1.4.2 Luva Metal - Metal

A luva de vedação metal-metal é um conjunto montado na parte inferior do alojador da base adaptadora de produção, cuja função é prover a vedação entre este alojador e o alojador da cabeça de poço. Para tal função, possui um anel com núcleo elastomérico, cujo princípio de vedação é a energização através de um espaço anular reduzido, gerando uma pressão radial capaz de vedar superfícies metálicas em contacto.

5.3.1.4.3 Suspensor de Tubulação - ST

Montado no alojador da BAP, possui travamento e destravamento mecânico acionado através de ferramenta hidráulica. Tem a função de sustentação das colunas de tubos de 4" e 2" que atingem o poço e pelos quais é realizada a extração do óleo.

5.3.1.4.4 Mandril das Linhas de Fluxo - MLF

Consiste de um mandril com perfil apropriado para assentar na base adaptadora e para receber o conector das linhas de fluxo fixado no conjunto principal da ANM. Tem também a função de alojar o sistema de conexão do cabo elétrico submarino. Além das passagens de 4" e 2" , conta com treze

furações para o sistema de linhas hidráulicas de controle das funções da árvore.

5.3.1.4.5 Conjunto Principal da ANM

Instalado sobre a base adaptadora, visando o controle de produção através de uma plataforma de processo. É montada com navio sonda ou plataforma semi-submersível de posicionamento dinâmico

É constituído de vários sub-sistemas, porém destacam-se três blocos sólidos de aço-liga especial, forjados e completamente usinados. São os blocos de válvula principal; de válvula lateral de produção; e de válvula lateral anular. Para sua fabricação, além de acurada precisão de usinagem, são necessários processos tecnológicos especiais para deposição de materiais que permitem a vedação; para acabamento superficial também necessário à vedação; para tratamentos térmicos que são importantes nas propriedades de resistência mecânica do aço, uma vez que, além de operar a profundidades de 1.000 metros de lâmina d'água, o equipamento está sujeito a pressão de trabalho da ordem de 5.000 psi.

Outro sub-sistema destacado é o constituído pelos atuadores hidráulicos. Estes são compostos de câmara hidráulica de acionamento com retorno por mola, acionamento mecânico e sistema de indicação de posição. Todos estes mecanismos são previstos para sofrerem intervenção por ROV. Para contrabalancear a pressão hidrostática exercida pela coluna d'água, este sub-sistema conta com um compensador hidráulico de pressão, pressurizando internamente e assim promovendo o balanceamento com a pressão hidrostática.

Todo o equipamento conta com processos de acabamento superficial que visa o isolamento do mesmo da formação de vida marinha.

5.3.1.4.6 Ferramentas

Todas as operações de descida, instalação, assentamento, travamento e testes locais, de cada componente de uma ANM no poço, e

também a retirada dos mesmos, quando for o caso, é feita através de dispositivos conhecidos como ferramentas.

Esta complexidade de montagem do equipamento, feita passo a passo, alinhada a um aspecto final parecida com, é que deu origem à denominação "árvore de natal" .

As ferramentas possuem características técnicas estruturais, de especificação de materiais e de processos de fabricação semelhantes às características dos componentes da ANM.

Cada uma tem funções hidráulicas específicas na complexa operação de montagem da árvore no poço, porém podem ser utilizadas na montagem de diversas árvores iguais.

Não estão detalhadas as características de cada uma delas, pois a própria denominação já fornece a indicação das suas funções. Assim, as principais ferramentas de uma árvore estão abaixo listadas.

- Ferramenta da base adaptadora de produção - FBAP
- Ferramenta de descida da árvore - FANM
- Ferramenta de energização e teste da luva metal-metal - FETLMM
- Ferramenta de recuperação de emergência da bap - FEBAP
- Ferramenta de recuperação de emergência da árvore - FEANM
- Ferramenta de manuseio e teste da árvore - FMTANM
- Base de teste da árvore - BTANM
- Base de captura do mandril da linha de fluxo - BCMLF

Na figura a seguir está representado o desenho em corte de uma ANM.

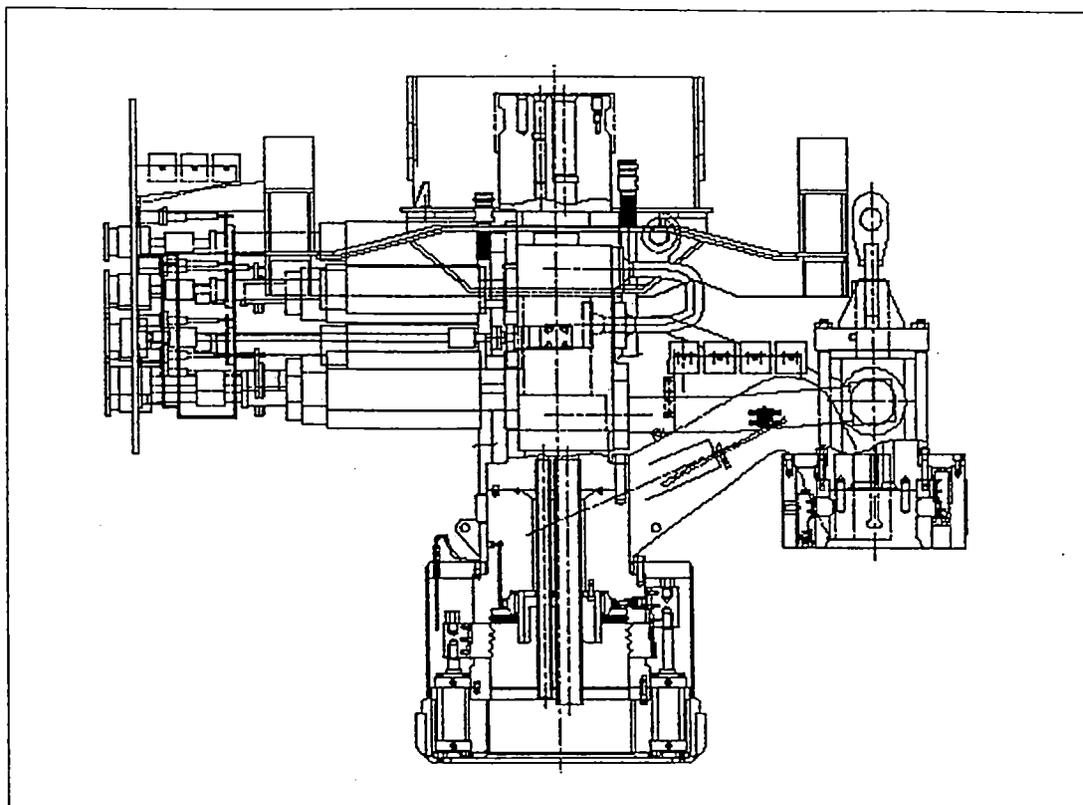


Figura 5.5 - Desenho em corte de uma ANM

5.3.2 BLOW OUT PREVENTER (BOP)

5.3.2.1 Descrição

O BOP submarino é um sistema de segurança para o poço, pois suporta uma pressão de até 5000 psi na passagem de 4", atuando na área de gaveta, sem permitir a abertura da mesma. O sistema só será liberado quando acionada a função para abertura da gaveta, que irá transmitir a pressão para abertura da trava de segurança conhecida por "wedglock".

O conjunto principal consiste de um corpo com gaveta cisalhante, dimensionada para cisalhar flexitubo de 1,5", cabo de perfilagem 3/16" e arame 1/2".

Possui mecanismo de trava para gaveta cisalhante denominado "wedglock". Esse mecanismo é operado hidráulicamente quando acionada

a gaveta cisalhante em situação normal de fechamento da gaveta ou na situação de desconexão de emergência.

Os atuadores de dupla ação, fixados em ambos os lados do corpo acionam a gaveta cisalhante. A interface entre os atuadores e bloco possuem selos metálicos com as respectivas áreas de vedação revestidas em aço inox.

As linhas hidráulicas do riser de completção são utilizadas para acionamento das funções do BOP.

5.3.2.2 Principais Componentes de um BOP

Similar a uma ANM são as exigências tecnológicas de manufatura do BOP. Os principais componentes, ou subconjuntos são apresentados a seguir.

5.3.2.2.1 Bloco Principal

O topo do corpo dispõe de um mandril de reentrada, que permite a conexão com ferramenta de descida.

As interfaces das linhas de 4" e 2" são metal-metal revestidas de aço inox. Inferiormente, um flange permite a conexão com a ferramenta da ANM.

5.3.2.2.2 Base de Teste do BOP

A base de teste do BOP é composta de um Skid com vigas estruturais e chapa tipo grelha, com olhais de manuseio para cabos, possibilitando estabilidade necessária ao conjunto do BOP nos testes e no transporte.

5.3.2.2.3 Ferramenta de Descida do BOP

A ferramenta de descida permite a conexão e selagem no mandril de reentrada do BOP para operação de descida.

Através de "stabs" hidráulicos internos ao corpo, a ferramenta executa a ligação para as operações hidráulicas durante as fases de instalação e retirada do BOP.

A estrutura da ferramenta de descida é do tipo sem cabos guias, possui um funil que serve de guia para a estrutura superior do BOP e a desacoplagem é facilitada pela inclinação de 6 graus.

5.3.2.2.4 Base de Teste da Ferramenta do BOP

A base de teste da ferramenta do BOP permite o teste das linhas hidráulicas e funções.

É composta de um skid com vigas estruturais e chapa tipo grelha, permitindo desempenhar a função de plataforma para testes.

A estrutura possui uma flange central onde é fixado um mandril para conexão da ferramenta. O mandril incorpora área de vedação metal x metal revestidas em aço inox para os anéis de 4" e 2" e interface para os stabs hidráulicos fabricados em aço inox, permitindo teste de todas as linhas hidráulicas e acesso as linhas de 4" e 2".

5.3.2.2.5 Caixa de Riser de Teste/Manuseio

Dispositivo utilizado para manuseio e teste da ferramenta do BOP. Simula a caixa do riser de completção MC-12D, com stabs de 4", 2" e 06 stabs hidráulicos.

Incorpora olhal para fixação de dispositivos para içamento e manuseio da ferramenta do BOP.

5.3.2.2.6 Ferramenta de Manuseio do BOP

A ferramenta permite o manuseio do BOP, utiliza um sistema de trava tipo "dogs", através de parafusos radiais de fácil operação.

Dispõe de stabs hidráulicos que permitem acesso a teste das linhas de 4" e 2".

Permite o teste das linhas hidráulicas do BOP, pois utiliza a mesma interface, fabricada em aço inox da ferramenta do BOP.

Incorpora olhal de levantamento com anilha para içamento de todo o conjunto do BOP com a base de teste.

5.3.2.2.7 Adaptadores

Equipamento utilizado para permitir a conexão do BOP submarino em ferramenta da ANM que disponham de pinos MC8D ou MC8S, visto que o BOP submarino é fornecido com caixa riser que permite a conexão em pino MC12D.

Dispõem de stabs de 4" e 2" e de funções hidráulicas, bem como roscas que permitem a montagem dos olhais de manuseio.

É fabricado em bloco integral tendo nas extremidades as interfaces acima mencionadas.

5.3.2.2.8 Painel Hidráulico

Projetado com a finalidade de operar o sistema de destravamento rápido da ferramenta de instalação do BOP. Possui gabinete e todos os seus acessórios fabricados em aço inox 316.

Na figura a seguir está representado o desenho em corte de um BOP.

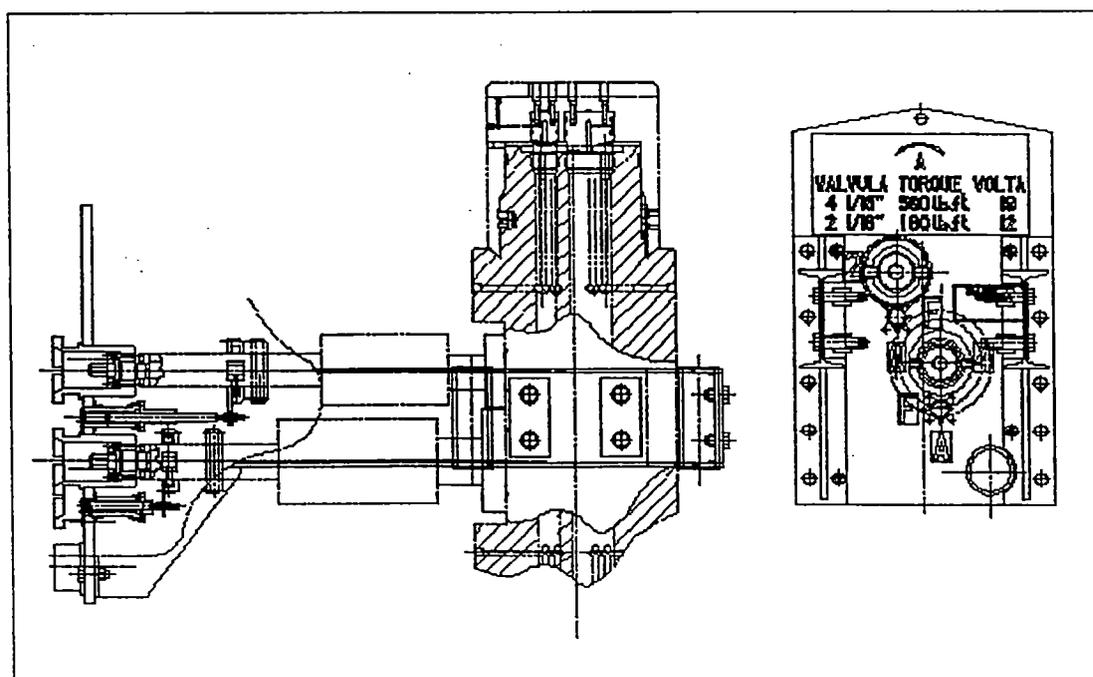


Figura 5.6 - Desenho em corte de um BOP

5.4 Produtos Metroviários

Esta linha de produtos está representada pelo sistema de tração que compõe os trens metroviários. Cada trem de metrô é constituído por diversos carros. Cada carro é constituído pela estrutura que abriga e transporta os passageiros e por dois sistemas de tração, um dianteiro e outro traseiro ao carro. Estes sistemas de tração impulsionam e controlam os movimentos dos trens metroviários, são manufacturados pela Sade Vigesa, e reconhecidos sob a denominação de truques metroviários.

5.4.1 TRUQUE METROVIÁRIO

Os principais componentes de um truque metroviário estão ilustrados na figura 5.7 e caracterizados a seguir.

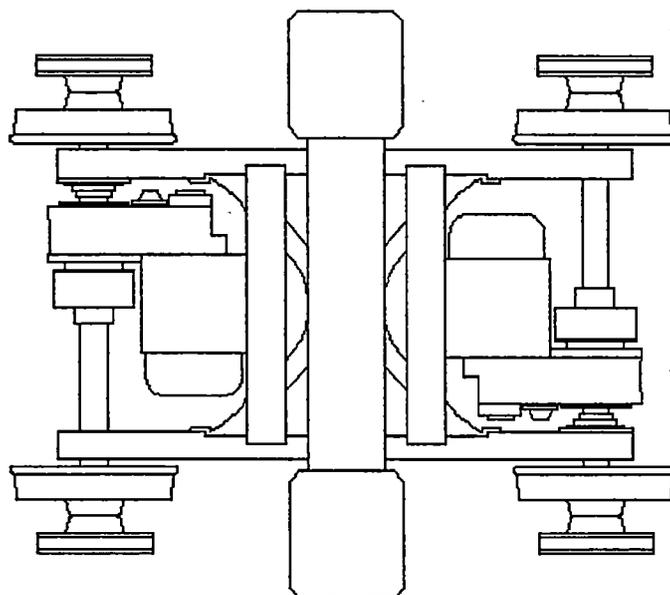


Figura 5.7 - Truque Metroviário

5.4.1.1 Estrutura do Truque

As estruturas laterais são compostas de chapas estampadas, soldadas e usinadas, formando uma seção tubular oval, com mancais nas extremidades. Soldada em cada lateral está uma estrutura triangular central,

as travessas e os demais suportes necessários para instalação das unidades de freios e da sapata do terceiro trilho. Este conjunto de componentes soldados e usinados formam a estrutura do truque.

A figura 5.8 ilustra a lateral do truque.

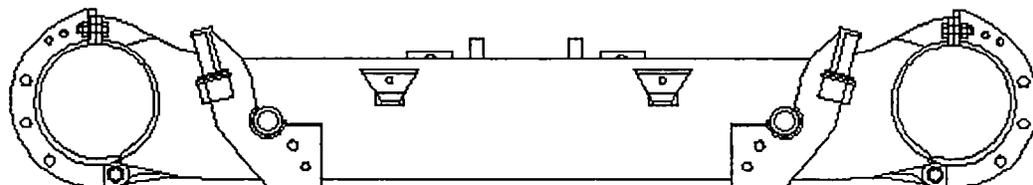


Figura 5.8 - Estrutura lateral do Truque

5.4.1.2 Sub-Conjunto Roda-Eixo (Rodeiro)

Consiste dos componentes Rodas, Eixo, Disco de Freio, Motor de Tração, Redutor, Acoplamento, Escova de Aterramento, Mancais e Rolamentos, ilustrados na figura 5.9.

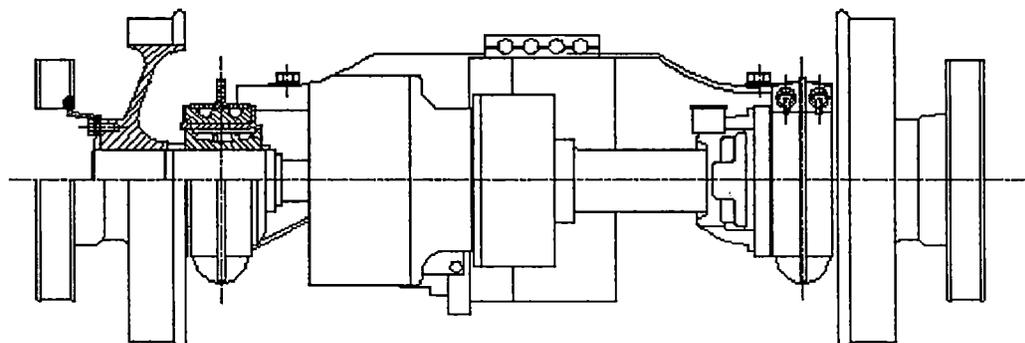


Figura 5.9 - Sub conjunto Roda Eixo (Rodeiro)

5.4.1.3 Demais Componentes

Constituem um grande número de itens, em geral adquiridos de sub-fornecedores, que permitem a montagem final e testes do truque metroviário, conforme ilustrado na figura 5.7.

Dentre estes itens podem ser destacados: Bolsas de ar, Barra de Ancoragem, Amortecedor Lateral, Batente de Emergência, Válvula de Nivelamento, Dispositivo de Segurança do Truque, Amortecedor Hidráulico, Apoio Lateral, Coletor do Terceiro Trilho, Antenas, Sensores de Velocidade.

Os componentes manufaturados, os itens adquiridos de sub-fornecedores, a montagem e os testes funcionais executados pela Sade Vigesa atendem as encomendas das diversas linhas de metrô existentes no país, que estão concentrados nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Recife e Brasília.

5.5 Equipamentos para Levantamento e Manuseio de Cargas

Nesta linha de produtos destacam-se as Pontes Rolantes de grande capacidade e os guindastes para carregamento e descarregamento de containers em navios (Portainers).

5.5.1 PONTE ROLANTE

5.5.1.1 Descrição

Ponte rolante é um equipamento de elevação, movimentação e transporte de cargas. Dentro de suas especificações técnicas de capacidade, move-se sobre trilhos (caminho de rolamento) no sentido longitudinal até os limites de curso, fixados nas extremidades dos trilhos. É composta de longarinas (traves) com trilhos, truques, carro, passadiços, para-choques, mecanismos de locomoção e guinchos.

Nas extremidades das pontes rolantes são instalados para-choques amortecedores, com molas e/ou sistema hidráulico. Estes devem ser entendidos como equipamentos de segurança, para proteger as extremidades dos edifícios em casos de eventuais falhas operacionais. Tais para-choques vão chocar-se, em casos dessas falhas, com batentes instalados nas extremidades dos trilhos.

Um sistema muito bem projetado de freios mecânicos e/ou hidráulicos acionado pelo operador faz parar o movimento longitudinal da ponte de forma progressiva e suave.

As pontes rolantes são construídas e usadas para movimentar materiais e outros volumes, aproveitando todo o espaço tridimensional da sua área de ação. Três movimentos cobrem esse espaço:

Movimento longitudinal (translação) - efetuado pela ponte ao longo dos trilhos do caminho de rolamento.

Movimento Transversal (direção) - efetuado pelo carro ao longo dos trilhos das traves.

Movimento vertical (elevação) - efetuado pelo gancho, acionado pelo mecanismo de elevação.

5.5.1.2 Principais Componentes

Os principais componentes ou subconjuntos de uma ponte rolante estão caracterizados a seguir.

5.5.1.2.1 Caminho de Rolamento - estrutura cuja montagem compreende trilhos, vigas, braçadeiras, enfim a estrutura suporte para o movimento longitudinal da ponte. Vão é a distância horizontal que vai de centro a centro dos trilhos do caminho de rolamento.

5.5.1.2.2 Carro - componente motorizado que sustenta o mecanismo de elevação e tem movimento transversal sobre as traves da ponte até os limites de segurança fixados nas extremidades.

O carro, a exemplo da ponte rolante, também deve ter movimentos livres e suaves. O carro possui os seguintes componentes:

- motor
- redutor
- freio
- acoplamentos
- mancais
- vigas
- suportes
- condutores elétricos
- batentes

O carro deve merecer os mesmos cuidados dispensados à ponte quanto aos batentes de final de percurso, partidas, paradas e aceleração, para evitar problemas semelhantes aos que podem acontecer na ponte. A parada é feita por reversão do comando.

O carro deve sempre ser posicionado na direção da carga, de modo que os cabos do gancho fiquem bem a prumo no centro do que vai ser elevado. Isto feito, a carga pode ser elevada sem balanço.

5.5.1.2.3 Guincho - mecanismo motorizado responsável pelo içamento e abaixamento da carga. Exerce força para essa tarefa, sendo dotado de uma série de componentes de segurança, como: “micro-switches”, chaves limite de fim de curso, freios que garantem a sua operacionalidade segura, impedindo até mesmo atos de imprudência e/ou imperícia do operador.

O mecanismo de elevação possui os seguintes componentes:

- ganchos
- cabos de aço
- mancais
- polias
- freios de carga
- freio do motor
- motor
- redutor
- suportes
- vigas
- tambor dos cabos
- caixa dos ganchos
- condutores elétricos
- limites elétricos

Esse mecanismo é o que suspende a carga e a mantém suspensa até o local onde será descida para depósito ou empilhamento.

O gancho do mecanismo deve ser posicionado o quanto possível no centro de gravidade da carga para que ela seja seguramente presa pelo acessório de transporte.

5.5.1.2.4 Truques - conjuntos de rodas e respectivas estruturas. Inclui a própria motorização, e estão posicionados em cada uma das extremidades da ponte. Há uma diversificação muito grande do sistema de motorização das pontes rolantes, com tração nas rodas por meio de um

único eixo, sistema de acoplamento por semi-eixos ou ainda transmissão aplicada por engrenagens ligadas diretamente nas rodas.

5.5.1.2.5 Cabine - local de trabalho do operador, de onde comanda todos os movimentos da ponte, por meio de chaves, alavancas ou botões de comando elétrico. Algumas pontes não possuem cabines e são operadas do chão, por meio de botoeira.

A Sade Vigesa está voltada, neste produto, para um segmento do mercado que requer Pontes com grande capacidade de levantamento, tais como usinas siderúrgicas, usinas de alumínio, usinas hidrelétricas.

Na figura a seguir está representado o desenho de uma ponte rolante.

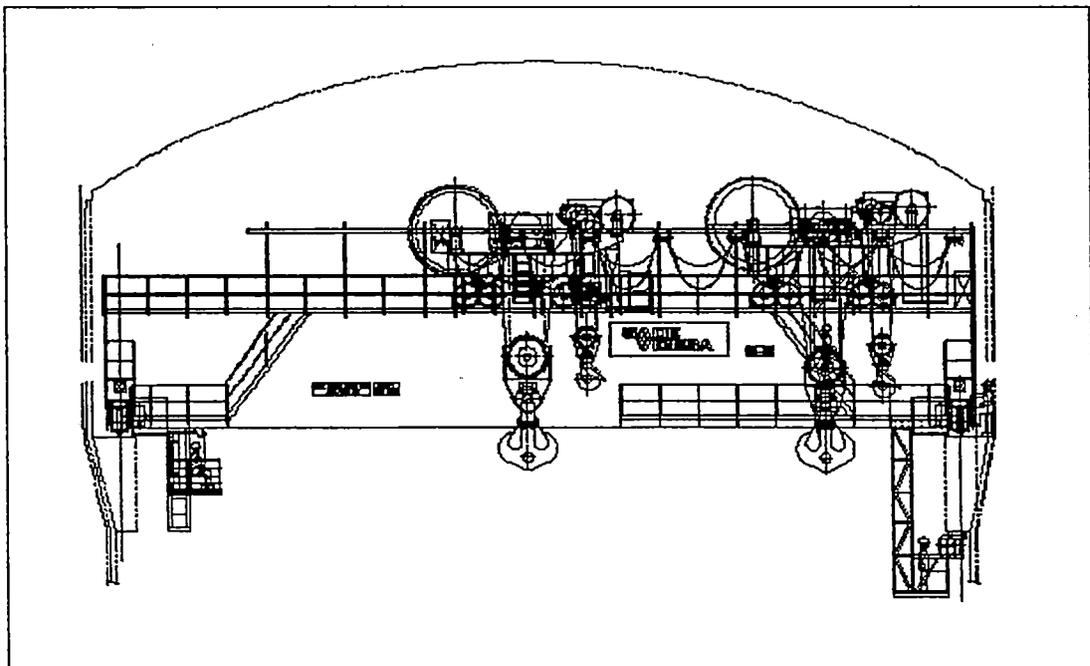


Fig. 5.10 - Desenho de uma ponte rolante

5.5.2 PORTAINER

5.5.2.1 Descrição

O equipamento destina-se ao carregamento e descarregamento de containers em navios. Consiste basicamente de um pórtico suporte, da viga principal, da lança e do carro.

O pórtico suporte é formado pelas pernas, que possui um mecanismo de translação que permite a sua movimentação.

O carro movimenta-se nos trilhos fixados na viga principal e na lança.

Na estrutura superior do pórtico suporte está localizada a casa de máquinas, na qual estão fixados os mecanismos de levantamento do container e da lança e os equipamentos elétricos.

A lança do guindaste no lado da água pode ser basculada somente quando o carro estiver posicionado na viga principal, permitindo assim o atracamento e saída de navios

5.5.2.2 Principais Componentes do Portainer

Além dos componentes vistos acima, como o pórtico, a viga principal, a lança, a casa de máquinas e o carro, o Portainer é constituído por outros componentes, ou subconjuntos caracterizados a seguir.

5.5.2.2.1 Mecanismo de Translação do Portainer - composto por truque e rodas, acionados por conjunto moto-freio-redutor, através de sistema de engrenagens.

5.5.2.2.2 Mecanismo de Levantamento - consiste essencialmente do conjunto moto-freio-redutor, freio de segurança e tambores de cabos de aço, através dos quais pode-se realizar os movimentos do dispositivo manipulador de containers.

5.5.2.2.3 Mecanismo de Basculamento de Lança - o levantamento e abaixamento da lança no lado água permite a passagem do Portainer por sobre o navio. Os acionamentos de translação do carro e de levantamento são bloqueados quando a lança está em movimento.

5.5.2.2.4 Mecanismo Manipulador - é acionado por um sistema moto-freio-redutor que atua nos movimentos de basculamento do container, ou seja, inclinação longitudinal, inclinação transversal e o movimento de giro do container.

5.5.2.2.5 Cabine de Comando - a cabine é fixa no carro, que move-se através de um sistema de truques e rodas acionados por mecanismo moto-freio-redutor.

Todos os movimentos funcionais e de trabalho são acionados por meio de botões e painéis instalados na cabine.

Na figura a seguir está representado o desenho de um portainer.

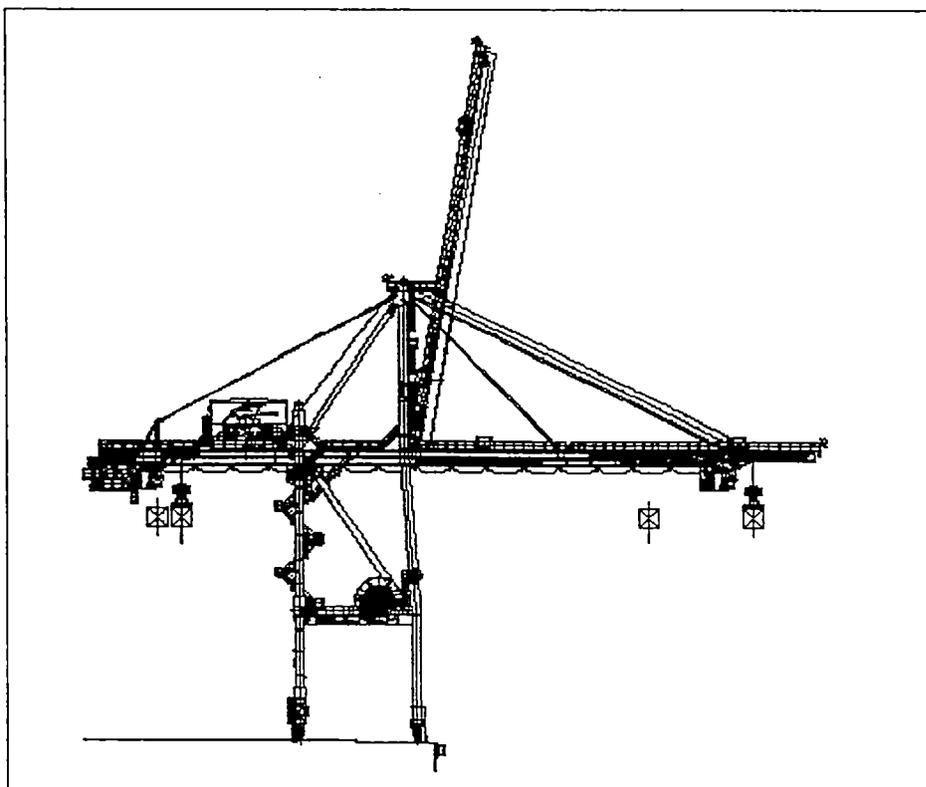


Figura 5.11 - Desenho de um Portainer

6. ANÁLISE DOS SAP

6.1 - Introdução

Existe um consenso, entre os inúmeros autores que tratam dos sistemas de produção, vistos no capítulo 2, que revela claramente a necessidade de sistemas de administração específicos para cada tipo de indústria. Cada um dos SAP, quando efetivamente implementados, são capazes de beneficiar e fortalecer a manufatura.

O cruzamento matricial entre as características da manufatura sob encomenda não repetitiva e dos sistemas de administração da produção pesquisados ao longo do capítulo 3, permite estabelecer um conjunto de princípios preferenciais requeridos para um sistema adequado à gestão da manufatura em questão.

A complexidade desta manufatura é facilmente constatada pela variedade de materiais, componentes e produtos envolvidos no processo de transformação, vistos nos capítulos 4 e 5.

Em um de seus trabalhos, SACOMANO (1990) detectou a forma incompleta de técnicas adotadas em diversas empresas pesquisadas. Ele denominou as adaptações agregadas de "Sistemas Frankstein", dado ao volume de remendos que a técnica é submetida, descaracterizando-a em relação ao seu modelo original. Naquele estudo o autor detectou agregação de partes com total falta de lógica na configuração do sistema para administração da produção.

A proposta inserida neste estudo é a identificação de um modelo adequado, que possa oferecer flexibilidade, tempo real e utilização amigável para o PCP das empresas que operam no segmento de bens de capital sob encomenda. É com este objetivo que a seguir é analisada a aplicabilidade de cada um dos sistemas abordados.

6.2 - JIT

O sistema Just in Time, sua filosofia e a aplicação integral de seus elementos, encontra um ambiente muito fértil em fábricas com alto volume de produção, que proporciona roteiros mais estáveis de operações. A maioria dos autores que analisam a aplicabilidade do sistema, afirma que importantes princípios podem ser aplicados em qualquer tipo de produção. Porém, os maiores benefícios do JIT ocorrem na manufatura altamente repetitiva. Este sistema teve as suas origens na indústria automobilística, mais precisamente na Toyota, Japão, conforme amplamente caracterizado no capítulo 3.

Apesar de ser conceitualmente simples, e com enorme divulgação a partir dos anos oitenta, o JIT ainda tem dificuldades em ser implementado com sucesso nas fábricas do Ocidente. Suas práticas requerem novas posturas e atitudes no nível gerencial das organizações.

A proposta fundamental do JIT, de eliminar todas as formas de desperdícios encontrados nas operações e nos negócios das empresas, e em especial das companhias manufatureiras, pode e deve ser aplicada em qualquer tipo de produção. Deve-se sempre levar em conta a abrangência do termo "desperdício", que conforme visto no capítulo 3, passa por uma extensa gama de fatores que não agregam valor ao produto.

Outros pressupostos importantes que embasam a implementação do sistema JIT também tem ampla aplicabilidade e são imprescindíveis nas manufaturas que procuram caminhar na direção do desempenho classe mundial, e assim enfrentar o difícil cenário imposto pela competitividade do mercado globalizado.

Entre estas bases pode-se destacar os programas de qualidade total e manutenção preventiva; a adoção de layout celular e o treinamento de operários multifuncionais. O programa de qualidade total, com sua ampla abrangência que se estende aos sub-fornecedores, assim como a manutenção preventiva, de acordo com a maioria dos autores que abordam o JIT, podem ser perfeitamente implementados fora deste ambiente e deste sistema. Porém, a situação inversa, ou seja, a implementação do JIT sem

estas duas condições, não pode ser realizada. Para operar efetivamente o JIT necessita de máquinas e equipamentos constantemente disponíveis e da produção de peças sem defeitos durante todo o tempo.

Em relação ao layout, ou arranjo físico, da indústria que opera sob encomenda, com pequenos lotes e quase nenhuma repetibilidade de fabricação de peças, é comum a adoção do "arranjo funcional". Neste layout, as máquinas ou equipamentos do mesmo tipo são dispostos fisicamente juntos, originando as diversas áreas que se especializam nos respectivos processos, tais como torneamento, fresamento, furação, retificação, etc. A consequência desta organização, em fábrica que tenha tamanho significativo, é um verdadeiro caos no fluxo de produção. BURBDIGE (1990), compara esse fluxo a um "prato de sphaguetti", tamanha é a confusão provocada pela interação e pelo sequenciamento das operações das peças neste layout. Estudos da década de setenta comprovaram que em fábricas típicas de produção intermitente sob encomenda, com arranjo funcional, as peças ocupavam apenas 5% do ciclo de produção nas estações de trabalho. Em filas, aguardando para sofrer processamento, as peças ocupavam os 95% restantes do ciclo total. Os efeitos decorrentes desta situação podem ser resumidos em:

- alto nível de material em processo;
- longo ciclo de manufatura;
- difícil controle de produção;
- baixo nível no atendimento de prazos das encomendas.

No Sistema de Produção Toyota, onde se encontram as raízes dos conceitos da produção JIT, a obtenção de flexibilidade no número de operadores de uma área de fabricação, para adaptação às alterações de demanda, é denominada Shojinka.

Para implementar este conceito, são necessários três pré-requisitos:

- Adequado layout das máquinas;
- Operadores multifuncionais;
- Permanente avaliação das rotinas de operações produzidas.

Na Toyota, este layout é obtido combinando as linhas em formato de U. A essência desta forma é posicionar juntos a entrada e a saída de uma linha de produção (figura 6.1)

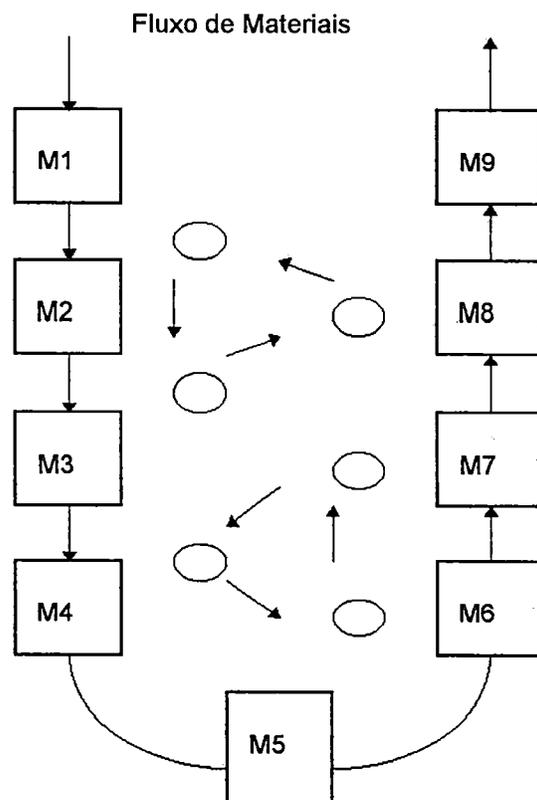


Figura 6.1 - Layout em forma de U

Uma importante vantagem deste layout é a flexibilidade para aumentar ou reduzir o número de operadores, obtendo assim adaptação para atender variações na demanda. A produção no momento exato também pode ser obtida em cada processo. Uma unidade do material pode iniciar o processo enquanto outra está saindo. As operações desbalanceadas entre operadores podem ser visualizadas e assim despertar melhoria no processo.

No final da década de oitenta, sob a forte crise econômica que atravessava o país, a Sade Vigesa, naquela época Equipamentos Villares, percebe a necessidade de modificar o sistema de produção, em direção à

uma maior competitividade e inserção de seus produtos no mercado internacional.

Associando os problemas decorrentes de uma manufatura com arranjo funcional, vistos anteriormente, com o aproveitamento das máquinas disponíveis devido ao fechamento da unidade industrial de São Bernardo do Campo, conforme visto no capítulo 4, a empresa implementou, na sua complexa área de usinagem, um Sistema de Células de Manufatura.

Os estudos desenvolvidos por SÉRIO (1990), onde pode ser encontrada uma detalhada abordagem da metodologia de Tecnologia de Grupo, e principalmente a demonstração da aplicabilidade desta na manufatura sob encomenda, forneceram as bases para o projeto de manufatura celular implantado.

A formação de famílias de peças é a chave e o pré-requisito necessário para fabricação de peças em grupos. A Tecnologia de Grupo pode ser conceituada como uma metodologia para fabricar peças através da classificação das mesmas em grupos, que possuem características tecnológicas similares. O maior benefício do método é transferir para a produção em pequena escala, própria da manufatura sob encomenda, a economia e os ganhos associados à produção em massa, de alta escala.

Uma célula de manufatura é um agrupamento de máquinas dedicadas à fabricação completa de peças pertencentes à uma mesma família. Este layout permite um controle do fluxo de materiais muito mais simples do que no layout funcional, permite que as peças se movimentem rapidamente entre as máquinas e reduz consideravelmente as paradas entre as operações. Desta forma são reduzidos o ciclo de fabricação e o nível de material em processo, aumentando a confiabilidade nos prazos de entrega e a qualidade das peças produzidas. Assim, o layout celular ilustrado na figura 6.2, propicia melhoria altamente significativa sobre o arranjo funcional.

A proposição de um sistema de manufatura celular para o tipo de produção sob encomenda não repetitiva, o projeto de implementação e os resultados obtidos podem ser encontrados em CHRISTIANO (1989).

Pode-se observar que a implementação de um importante elemento da produção JIT, tal como o layout celular, não caracteriza a adoção da filosofia para o sistema produtivo, mesmo a nível de piloto para posterior difusão e complementação dos princípios do JIT por toda a fábrica.

Mesmo sendo implementado sob enfoque diferente, como é o caso da Sade Vigesa, o layout celular e outros elementos a ele agregados, como o operário multifuncional e a redução do set up, entre outros, oferece os mesmos benefícios verificados na produção JIT.

Em relação ao fornecimento de materiais, o sistema JIT também oferece interessantes subsídios que podem ser incorporados na manufatura que opera sob outros sistemas.

A característica marcante do fornecimento de materiais no sistema JIT é o estabelecimento de compromissos a longo prazo com os fornecedores, com um relacionamento cooperativo, capaz de oferecer altos níveis de qualidade e entregas confiáveis. O processo de desenvolvimento de fornecedores normalmente ocorre através da cessão temporária de especialistas em qualidade e gestão de produção da empresa cliente.

Para limitar este esforço no desenvolvimento de fornecedores, procura-se obter redução no número de fornecedores, trabalhando-se com poucas fontes de fornecimento para cada material comprado. Em resumo, o fornecimento de materiais no sistema JIT deve ser uma extensão dos princípios aplicados internamente na fábrica, tendo como objetivos proporcionar lotes e lead time reduzidos, recebimentos frequentes e confiáveis, com alto nível de qualidade.

No caso Sade Vigesa, esta abordagem é praticada em uma parcela dos materiais utilizados no processo produtivo. Esta parcela refere-se aos itens do produto que representam valores significativos, definidos a partir da curva de Pareto para classificação A, B e C, cujo perfil pode ser representado pela figura 6.3.

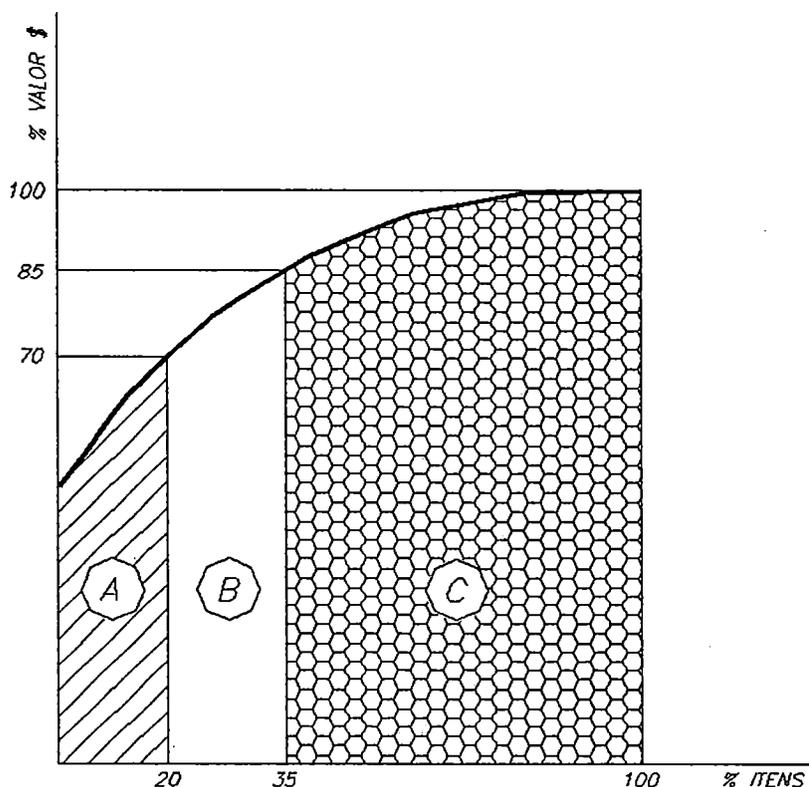


Figura 6.3 - Classificação A, B e C

Verifica-se que aproximadamente 25% dos itens é responsável por cerca de 75% do valor. O outro grande grupo de itens (75%) comanda a relação inversa do valor, isto é, 25%. Esses são chamados itens classe C, e o primeiro grupo é composto pelos itens classe A e B.

Desta maneira, temos novamente a utilização de conceitos da filosofia JIT, sem no entanto caracterizar o sistema produtivo como tal.

Uma variedade muito grande de produtos e de componentes, como a observada na produção sob encomenda não repetitiva, não permite um fluxo de materiais suave e contínuo. A complexidade dos roteiros de produção impede o estabelecimento de um conjunto de roteiros preferenciais.

Estas condições se contrapõem ao princípio geral de transformação do processo produtivo numa linha contínua de fabricação e montagem de produtos. É por esta razão que o sistema JIT não se adapta perfeitamente à produção de muitos produtos diferentes, que exige do sistema produtivo um extremo grau de flexibilidade, fora do alcance proposto pela filosofia JIT.

6.3 - OPT

A filosofia do OPT apresenta vários princípios que são similares aos do JIT. O enfoque na importância do fluxo de materiais é o mesmo, apesar da diferença de metodologia para alcançar o objetivo, com o OPT centrado a atenção nos gargalos.

Uma das dificuldades que este sistema apresenta frente à manufatura sob encomenda não repetitiva, é justamente a definição do gargalo. No capítulo 3, no estudo deste sistema, vários autores alertam que a perfeita definição do recurso gargalo é fundamental para o OPT, podendo comprometer toda a solução do sistema caso não seja claramente identificado.

Na manufatura sob encomenda não repetitiva os gargalos passam a ser função do perfil de carregamento dos produtos, e portanto variam ao longo do tempo sob a influência da composição das encomendas. É o chamado gargalo errante, que é uma barreira considerável na solução OPT.

Mesmo assim, importantes princípios do OPT podem ser utilizados. No caso da Sade Vigesa, aproveitando a marcante característica do sistema no trato com a programação de ordens de produção, estes princípios foram incorporados no projeto de implementação das células de manufatura na área de usinagem. Assim, a questão do gargalo foi amplamente estudada e contemplada em cada célula que foi operacionalizada. O processo tecnológico, a disposição das máquinas e o número de operadores nas células foi dimensionado com o auxílio desta filosofia.

Em relação à complexa tarefa de programação e sequenciação das ordens de produção nos diversos centros produtivos de uma fábrica tipo intermitente, o OPT oferece importantes conceitos que podem contribuir para a realização da tarefa. Na Sade Vigesa, recentes estudos desenvolvidos por MARÇOLA (1995), CHRISTIANO (1995) e MEZZARANO (1993) tem permitido canalizar esforços para encaminhar, propor alternativas e implementar soluções para este tema.

A figura 6.4 ilustra um ponto de fundamental importância no tratamento que o OPT oferece à programação de ordens de produção.

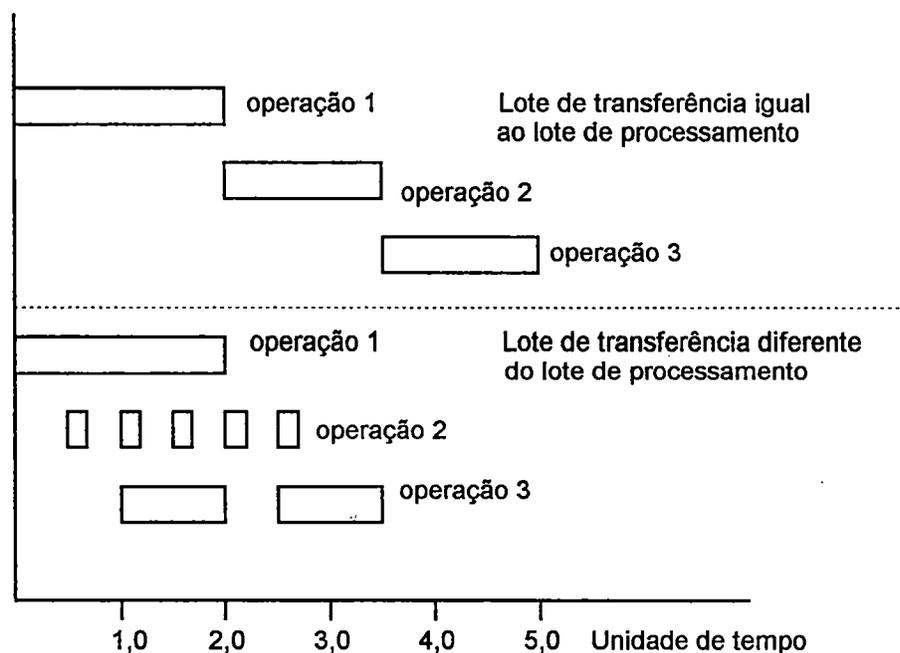


Figura 6.4 - Lotes de processamento e de transferência

Esta redução de tempo na programação de ordens é crucial em células de manufatura, e não está contemplada nos sistemas que operam com MRP II. Na análise do MRP II voltarei a abordar este ponto.

Ao considerar os recursos gargalos como merecedores de atenção especial, o OPT contribui na concentração de esforços para resolução dos problemas. Este mesmo efeito facilita a implementação do sistema e permite uma maior rapidez na percepção dos resultados.

Outro destaque do sistema é que sua lógica permite fazer simulações de cenários de carregamento de fábrica, funcionando como ferramenta auxiliar de simulação.

Uma característica que dificulta a implementação integral do sistema OPT é o software proprietário. Como já foi dito no capítulo 3, é um pacote com algoritmo fechado no qual o usuário não tem muitas condições de introduzir customizações.

Para facilitar a implementação, é necessário que um sistema possua transparência, que seja claramente entendido pelas pessoas responsáveis

por sua execução. Os resultados do OPT são de difícil interpretação e determinação dos caminhos trilhados para obtenção dos mesmos.

6.4 - MRP II

O ambiente para utilização do MRP II é altamente computadorizado, baseado em software complexo, de valor elevado, e que pode ser, em geral, adaptado às necessidades do usuário. Estas alterações possíveis demandam bastante esforço e despesas adicionais. A primeira questão que se apresenta frente à escolha do sistema é: será o MRP II adequado ao processo produtivo em questão?

As características da indústria tipo intermitente que opera sob encomenda, amplamente exploradas nos capítulos 2, 4 e 5 permitem responder afirmativamente à esta questão. O MRP II é útil e adequado para situações em que as estruturas de produtos sejam complexas, com vários níveis e diversos componentes por nível. É um sistema de natureza dinâmica, que reage bem às alterações de demanda e pode reconhecer a influência que a mudança de um item do plano mestre de produção exerce nos componentes da estrutura de um produto com elevado nível de complexidade.

Na Sade Vigesa, esta facilidade oferecida pelo MRP II é explorada desde o início dos anos 80, quando ainda era usual a utilização de grandes computadores centralizados, tipo mainframe. Naquela época, os princípios do MRP II foram utilizados em um software desenvolvido pela própria empresa, para aplicação específica na administração de sua manufatura. Este sistema foi considerado como modelo entre as empresas atuantes no Brasil no segmento de bens de capital sob encomenda.

Durante praticamente uma década, a empresa obteve expressiva vantagem competitiva com este seu sistema de gestão da produção frente a seus principais concorrentes, subsidiárias de poderosas companhias multinacionais.

Com o passar do tempo, e principalmente a partir da década de noventa, com o exponencial desenvolvimento de hardware e a consequente migração de computadores mainframe para plataformas tipo redes locais com compactos computadores, esta vantagem foi sendo diminuída.

É neste recente contexto de desenvolvimento tecnológico e facilidade com os sistemas de comunicações, informações e processamento de dados, é que deve ser situado o MRP II e sua aplicabilidade para o tipo de produção sob encomenda abordado.

O MRP II privilegia os critérios de cumprimento de prazos e redução de estoques, que são estratégicos para a competitividade das empresas que operam sob encomenda.

Ao discorrer sobre as desvantagens e limitações deste sistema, os mais diversos autores convergem para alguns pontos comuns, que tem o suposto potencial para fragilizar o MRP II.

A seguir estão destacados estes pontos, para uma cuidadosa análise, com os objetivos de, ou constatar a limitação imposta pelos mesmos, ou fornecer uma argumentação alternativa para as supostas limitações enfrentadas pelo sistema.

- é um sistema passivo, automatiza muito e melhora pouco ;
- imprime um processo externalizado de decisões, fazendo com que planejamento e execução pareçam coisas distintas ;
- lead time não é realístico ;
- requer extrema acuracidade de dados ;
- trabalha com parâmetros de segurança para os estoques;
- lotes de processamento são iguais ao de transferência ;
- não contribui na melhoria da qualidade do produto ;
- não favorece o engajamento dos operários na melhoria do sistema produtivo;
- não inclui metodologia de questionamento dos parâmetros utilizados.

É um sistema passivo, automatiza muito e melhora pouco:

A melhoria do sistema produtivo deve ser sempre e continuamente almejada, tendo-se em vista a pretensão de alcançar ou manter desempenhos de manufatura de classe mundial.

Um sistema de informações exerce o seu papel neste contexto, porém, não pode, por si só e isoladamente ser responsável por todo um processo de melhoria. No capítulo 3 foi evidenciado que a responsabilidade por tomada de decisões está nas pessoas e não nos sistemas. O que os sistemas devem fazer é fornecer informações que possam gerar boas decisões. O fator tempo para a tomada de decisões está cada vez mais sendo comprimido pela velocidade proporcionada pelos meios de comunicação e por sua globalização. Assim, é imprescindível a elevada automatização encontrada nos sistemas MRP II.

Imprime um processo externalizado de decisões, fazendo com que planejamento e execução pareçam coisas distintas:

Planejamento e execução não só parecem como efetivamente são funções distintas. O importante nesta questão é evitar a herança do antigo paradigma Taylorista-Fordista que sobrepujava a visão do planejamento sobre a execução.

É necessário, na atual manufatura competitiva, atuar nos moldes propostos pela Engenharia Simultânea, pela qual é fundamental a integração via equipes multidisciplinares.

Nesta integração de pessoas e funções pode ser amplificada a visão do negócio completo que a companhia quer realizar, e assim aparar as arestas resultantes da micro visão originada na divisão do trabalho.

Uma detalhada pesquisa que evidencia os benefícios da Engenharia Simultânea, assim como sua particular importância na indústria de bens de capital sob encomenda, pode ser encontrada no trabalho de CRISTOVÃO (1994).

O MRP II trabalha com o processamento de dados de entrada para fornecer informações. Portanto, a qualidade destes dados, que pode ser

obtida através de uma interação como acima proposta, é que fornece a base para o adequado funcionamento do sistema.

Lead time não é realístico:

É necessário recorrer à questão fundamental que se apresenta frente à opção por qualquer sistema: o mesmo é adequado ao processo produtivo em questão?

É natural que o MRP II não se adapte à processos com curtíssimo lead time de produção, característico da indústria altamente repetitiva.

Foi visto nos capítulos 4 e 5 que a indústria de bens de capital sob encomenda não repetitiva opera com longos ciclos de lead time, da ordem de meses, desde o recebimento de um pedido do cliente até a entrega e instalação do produto acabado. Nestas condições, não é a variação de alguns dias na estimativa do lead time que vai provocar significativo desvio no sistema de planejamento, programação e controle da produção. Existe uma combinação de fatores aleatórios muito grande neste tipo de manufatura, passando tanto por situações internas à operação da companhia, como por fatores originados por solicitações e necessidades do próprio cliente.

O lead time de fabricação ou de obtenção de cada componente da complexa estrutura de um produto é apenas um destes fatores. O essencial no sistema é a sua capacidade para promover o replanejamento determinado por um conjunto de situações que implicam em modificações no planejamento inicial. O MRP II faz o replanejamento com muita facilidade, ao contrário dos sistemas manuais, que tornam esta tarefa praticamente impossível.

Um dos criadores do sistema MRP II, ORLICK (1975), recomenda que a unidade de tempo para o lead time seja expressa em "semanas". Pode-se deduzir desta recomendação que processos produtivos com lead time menor do que uma unidade de tempo, ou seja, uma semana, não são adequados para a utilização do sistema MRP II.

Requer extrema acuracidade de dados:

A acuracidade de dados, e em se tratando de sistemas de planejamento e controle da produção, destacam-se os dados referentes a estoques e controles operacionais, é muito importante na organização da manufatura.

O processamento eletrônico de dados e seus atuais recursos tem permitido obter esta acuracidade com grande facilidade. Isto tem possibilitado não só um gerenciamento mais eficaz, como também um melhor atendimento na legislação fiscal-tributária do país.

As informações e as evidências de estoque e de produção que são submetidas à apreciação fiscal são facilmente processadas nos dias atuais. Ao contrário, em um passado não muito remoto, eram exigidos demorados e periódicos inventários físicos e contábeis da situação dos estoques e da produção.

Portanto, a questão da acuracidade dos dados é algo superado pela informática e bem aproveitada pelo sistema MRP II.

Trabalha com parâmetros de segurança para os estoques:

A parametrização do sistema constitui dados de entrada para o mesmo, e conforme já visto anteriormente, a qualidade destes dados depende da ação humana e da própria situação da manufatura em questão.

O MRP II exige parâmetros para seu funcionamento, mas não exige coeficientes de segurança, nem para os estoques, nem para os demais fatores que são parametrizados e utilizados como dados de entrada para o sistema. Estes coeficientes de segurança, quando utilizados, estão relacionados com a eficiência do processo produtivo, e não com a eficiência do sistema MRP II.

Exemplificando, se uma fábrica compra matéria prima para o processo produtivo, e estatisticamente é comprovado um índice de rejeição neste material, então o sistema MRP II é parametrizado com este mesmo

índice, utilizado como coeficiente de segurança no cálculo da necessidade de material para produção.

A situação que deve ser atacada e resolvida, então, é a da qualidade no fornecimento de material, para posterior ajuste nos parâmetros do MRP II. Os ajustes de parametrização são facilmente realizados no sistema, através de poucas transações no módulo de cadastro do MRP II.

Enfim, não se pode confundir parâmetros com coeficientes de segurança. Aqueles são dados de funcionamento do sistema; estes são a representação das ineficiências do processo produtivo, que precisa ser melhorado.

Lotes de processamento são iguais ao de transferência:

Este realmente é um aspecto que a maioria dos softwares disponíveis do MRP II não conseguem tratar adequadamente. Em geral, as ordens de produção com quantidade maior do que uma unidade são programadas pelo software com um tempo de processamento maior do que o efetivamente necessário, se o ambiente considerado for a manufatura celular.

Este efeito pode ser visualizado pela figura 6.4 (pág. 148). Observa-se que o MRP II considera somente o lote de processamento, ou seja, as operações tecnológicas de uma ordem de produção é realizada sequencialmente e a operação posterior somente é iniciada após o término do lote completo na operação anterior. Na manufatura celular este conceito não é verdadeiro, pois as operações se sobrepõem no mesmo intervalo de tempo, com o início da operação posterior após o término da primeira peça na operação anterior. Esta sobreposição de tempos constitui uma grande vantagem no layout celular e proporciona redução significativa no ciclo total da produção do lote.

É necessário que o sistema MRP II obtenha este recurso de programação de ordens, seja através de customização no software, ou através da utilização de coeficientes parametrizados que possam representar esta situação.

Não contribui na melhoria da qualidade do produto:

A questão da melhoria da qualidade do produto é semelhante à questão anteriormente analisada da melhoria do processo produtivo. Nestas situações, o papel dos sistemas está em facilitar a ação humana. É através desta que o processo de transformação visto na figura 2.1 (pág. 8) pode ser continuamente melhorado, e como decorrência obter-se elevação na qualidade do produto final.

O MRP II permite registrar com rapidez e precisão as falhas ocorridas nos produtos e nos processos, oferecendo assim os subsídios necessários à prevenção de ocorrências similares.

Não favorece o engajamento dos operários na melhoria do sistema produtivo:

A baixa repetibilidade de lotes na fabricação sob encomenda não estimula uma participação mais efetiva da mão de obra direta no aprimoramento da manufatura. Mesmo assim, os programas participativos e de sugestões para melhorias, inspirados na filosofia da produção japonesa, permitem implantar soluções que são traduzidas em ganhos nas rotinas operacionais.

Portanto, o maior ou menor engajamento dos operários nas questões do sistema produtivo está mais influenciado pelo tipo de produção, pela organização e pelo relacionamento humano no trabalho, do que pelo sistema de administração da manufatura.

Não inclui metodologia de questionamento dos parâmetros utilizados:

Novamente se apresenta uma abordagem de sobreposição de funções. A atividade de parametrizar, analisar, controlar e corrigir quando necessário está no homem, e não no sistema. O MRP II, conforme já enfatizado, faz uso desta parametrização para seu funcionamento, e fornece resposta proporcional à qualidade dos dados utilizados como entradas.

Em resumo, uma análise global destes diversos aspectos apontados como limitações do sistema MRP II permite obter quatro conclusões.

A primeira é que o MRP II é naturalmente mais indicado para sistemas produtivos que operam com lead time mínimo de uma semana. É exatamente a condição da manufatura sob encomenda não repetitiva, objeto deste estudo.

A segunda é que realmente é interessante inserir nos sistemas MRP II o conceito de diferenciar lotes de processamento e lotes de transferência, obtendo vantagem expressiva na programação de ordens de produção.

A terceira é que as demais limitações apontadas para o MRP II, que estão concentradas na questão da melhoria contínua, na verdade são as vantagens e características do estilo administrativo japonês, refletido na produção Just in Time. Já foi constatado neste trabalho que a aplicação integral do sistema JIT é mais indicada para a manufatura altamente repetitiva.

A quarta e última conclusão é que este conjunto de limitações analisado não sugere nenhuma contra indicação para a utilização do MRP II, desde que haja a devida compatibilidade com o sistema produtivo.

Outro objeto de análise será o software do MRP II utilizado pela Sade Vigesa. Trata-se de um software de procedência nacional, de valor relativamente baixo para aquisição, porém com muitas dificuldades para implementação.

O sistema de administração industrial (SAI) utilizado atualmente pela Sade Vigesa trata-se de um software produzido no mercado nacional, baseado no conceito do MRP II, que tem por objetivo facilitar o gerenciamento das atividades industriais, abrangendo desde o plano de Vendas até a entrega do produto acabado para o Cliente.

É um sistema de arquitetura modular, composto basicamente pelos módulos:

- Suporte Operacional
- Engenharia do Produto
- Engenharia Industrial
- Administração de Materiais
- Controle de Estoque

- Suprimentos
- Custos Industriais
- Plano Mestre de Produção
- Planejamento Industrial
- Controle da Produção
- Vendas
- Livros Fiscais
- Consultas Gerenciais
- Controle da Qualidade
- Coordenação de Contratos

A partir do cadastramento dos clientes e das respectivas ordens de vendas, as atividades percorrem um fluxo lógico na cadeia necessária para a manufatura do produto, resumida nos dez seguintes passos:

1. A engenharia cadastra a lista de materiais referente ao produto encomendado.
2. O planejamento atribui a procedência de aquisição ou fabricação para cada item da lista de materiais, proporcionando a preparação para o MRP II providenciar a geração automática de requisições de compra (RC) e ordens de produção (OP).
3. O controle de qualidade estabelece, para cada item a ser produzido ou comprado, os requisitos da inspeção e ensaios necessários ao atendimento do produto.
4. Suprimentos efetua procedimentos para aquisição e o sistema emite uma ordem de compra (OC), para o respectivo fornecedor de cada item necessário.
5. A engenharia industrial elabora, para cada item a ser fabricado (OP), um respectivo roteiro de fabricação, que representa as operações tecnológicas necessárias para o processo de transformação do item.
6. O controle da produção verifica a programação de cada ordem de produção, gerada automaticamente em função do roteiro

estabelecido, e o sistema imprime as ordens de produção, assim como as respectivas requisições de matéria prima necessária para cada item.

7. Iniciado o processo de fabricação, é realizado o apontamento da mão de obra direta aplicada em cada operação da OP, durante todo o período de processamento, até o encerramento da ordem de produção.
8. A montagem dos subconjuntos e a montagem final do produto acabado é feita a partir da disponibilização dos componentes fabricados e dos itens comprados.
9. A Expedição aciona a emissão da nota fiscal de faturamento para o produto acabado, encerrando o processo e disponibilizando dados para apreciação do fisco.
10. Os custos industriais incorridos durante o processo produtivo são apropriados no respectivo produto em função das ordens de produção e das requisições de materiais processados para o mesmo.

A figura 6.5 ilustra este sistema de administração da manufatura em operação na Sade Vigesa.

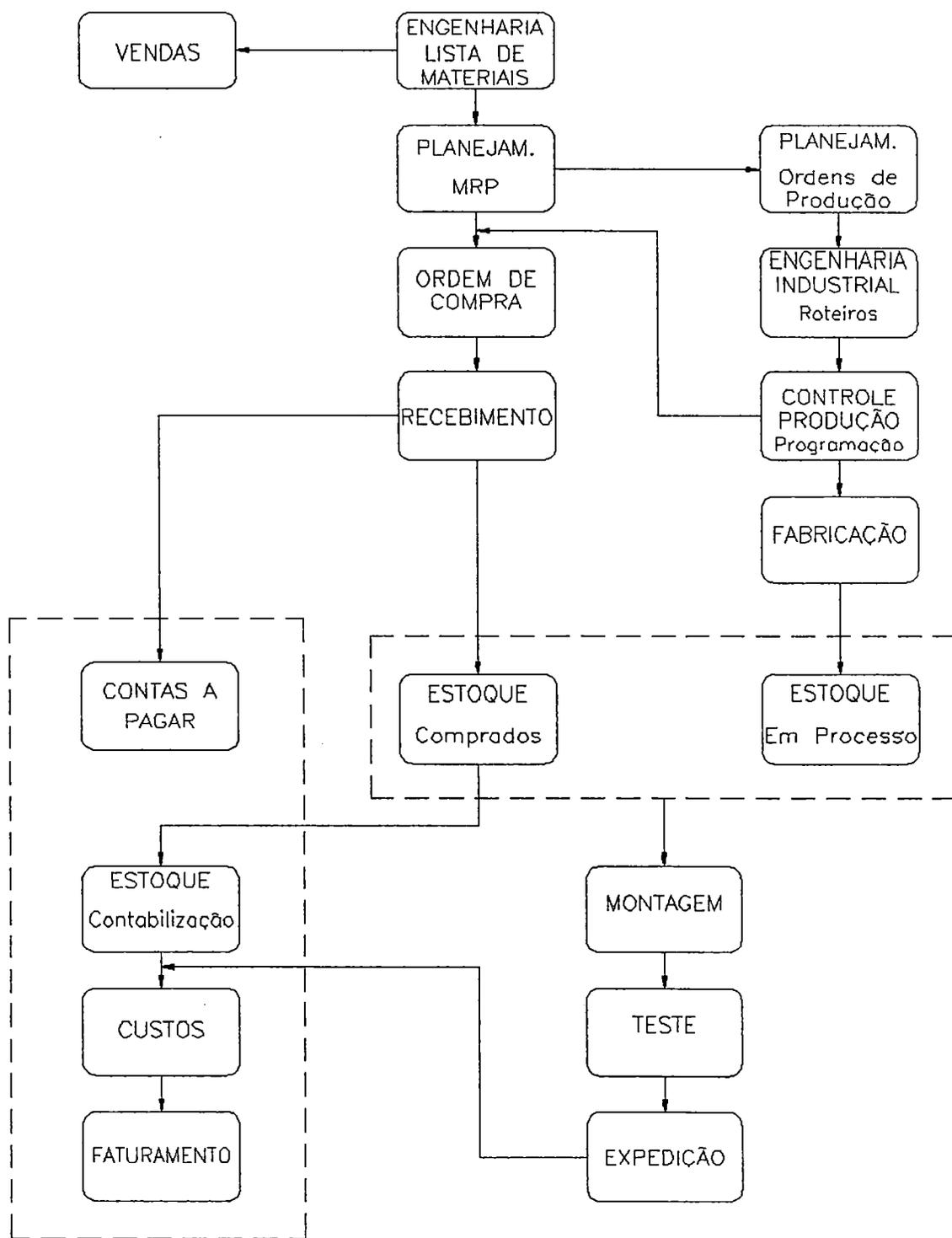


Figura 6.5 - Fluxo funcional do sistema Sade Vigesa.

Em relação ao projeto de implantação do sistema na Sade Vigesa, algumas considerações merecem ser destacadas:

1. O trabalho de substituição de um sistema existente por outro, como é o caso, é muito maior do que uma implantação inicial, porque requer mecanismos de migração dos dados entre sistemas.
2. A mudança do software ocorreu paralelamente à instalação do novo hardware projetado, baseado em tecnologia de rede local com cabeamento ótico e estações de trabalho com servidor.
3. Apesar de ter sido previsto um banco de dados relacional, o fornecedor do sistema SAI não conseguiu disponibilizar o software nessa versão. Foi instalado então a versão utilizando banco de dados indexado sequencial, uma tecnologia mais antiga para tratamento da base de dados.
4. O período de customização do software, treinamento do usuário, planejamento da metodologia de migração, aquisição e instalação da rede e do novo hardware consumiu cerca de um ano.
5. Neste período, o fornecedor do software não conseguiu operacionalizar todas as customizações requeridas, prejudicando também o plano de treinamento previsto para os usuários.
6. Esta condição direcionou uma estratégia de implementação do novo software em duas fases. A primeira fase ocorreu no final deste citado período de um ano, através da implementação dos módulos relacionados com a aquisição e gerenciamento de materiais.
7. Durante um período adicional de seis meses, foram operados os dois sistemas simultaneamente. Após este período foi implementada a segunda fase, com a ativação dos demais módulos, destacando-se o módulo de operação do piso de fábrica, representado por carga de máquinas.
8. A ativação deste módulo em particular, somente foi viabilizada pelo conhecimento e experiência das equipes de informática e de planejamento e controle de produção da Sade Vigesa.

9. O período de implantação do software, portanto, foi de dezoito meses, ainda com diversas pendências de customizações não operacionalizadas pelo fornecedor.

Este quadro de implementação do projeto permite concluir que foi insuficiente o suporte técnico operacional prestado pelo fornecedor do software.

Demonstra também que, apesar desta lacuna, o software tem cumprido seus objetivos.

Em geral, os pacotes de sistema MRP II tem elevado valor de comercialização. Este sistema em operação na Sade Vigesa, adquirido por aproximadamente um quarto do valor normal dos pacotes, e apesar das situações enfrentadas para implantação, evidencia o potencial de redução de preços dos sistemas MRP II.

6.5 - PCP Convencional

A comparação da estrutura funcional do sistema MRP II com o PCP Convencional permite concluir que o MRP II é uma evolução natural do PCP Convencional, estimulada pelo desenvolvimento computacional. Na questão do gerenciamento dos estoques, é nítida a correlação e a interface entre os dois sistemas, com o MRP II valendo-se dos recursos computacionais para permitir a elegante solução de tratativa por demanda dependente. Mesmo considerando que o produto possa ser tratado pela ótica da demanda dependente, no sistema produtivo pode existir itens cujo tratamento pela técnica de demanda independente, própria do PCP Convencional, se revele mais simples, fácil e econômico.

Exemplificando, pode ser a extensa gama de materiais reconhecidos como insumos para a produção, tais como os gases industriais, óleos lubrificantes das máquinas operatrizes, insertos e ferramentas para usinagem, consumíveis de soldagem, pintura etc.

Outro conceito que tangencia tanto o MRP II como o PCP Convencional é o de Planejamento Hierárquico da Produção, proposto por Hax & Meal em 1975. A técnica consiste em dividir o problema global de planejamento em segmentos para resolução nos níveis estratégico, tático e operacional. O planejamento estratégico envolve a definição de objetivos de longo prazo, é de responsabilidade da alta administração da empresa. O planejamento tático, de médio prazo, é cuidado pela gerência de nível médio, e está relacionado com a efetiva utilização de recursos disponíveis para uma dada situação de mercado. O controle operacional está atrelado às ações de curto prazo, realizadas pelo pessoal que executa as atividades do dia a dia da organização.

As decisões táticas estão associadas com o planejamento agregado da produção, conforme visto no tópico 3.1.1.2, enquanto que as decisões operacionais são resultantes do processo de desagregação.

O planejamento agregado tem então a função de selecionar, para um produto, ou para uma medida de produção que seja comum para vários produtos, os níveis de força de trabalho, taxas de produção, estoques e, eventualmente, subcontratação adicional de serviços, considerando um determinado horizonte de tempo.

Pode-se concluir que o PCP Convencional e suas técnicas auxiliares, visto no tópico 3.1, tanto por aplicações próprias, como pelo próprio embasamento emprestado ao MRP II, constitui uma importante metodologia na administração da produção.

7. CONCLUSÕES

Este capítulo tem como finalidade apresentar as principais conclusões do trabalho realizado. Além disso, em consequência de uma série de indagações surgidas no decorrer da exploração teórica dos sistemas de administração da produção, apresenta temas que podem ser abordados em futuras pesquisas nesta área de conhecimento.

As conclusões estão assim classificadas:

- Estratégia da Manufatura e os Sistemas de Administração da Produção.
- Aplicabilidade do MRP II na produção sob encomenda não repetitiva
- Sugestões para futuras pesquisas
- Conclusão final

7.1 Estratégia da Manufatura e os Sistemas de Administração da Produção

No capítulo introdutivo deste trabalho ficou evidenciada a preocupação com a inserção do segmento industrial sob atenção no clube conhecido como World Class Manufacturing, ou Manufatura com Desempenho de Classe Mundial.

Entre outros pesquisadores, AGOSTINHO (1996) demonstra que esta condição pode ser atingida exclusivamente através de uma decisão estratégica da companhia. Isto significa que a aplicação de novas tecnologias somente será efetiva se promover o aumento da competitividade da empresa.

A figura 7.1 ilustra o posicionamento dos sistemas de administração da produção no contexto geral requerido para um desempenho classe mundial.

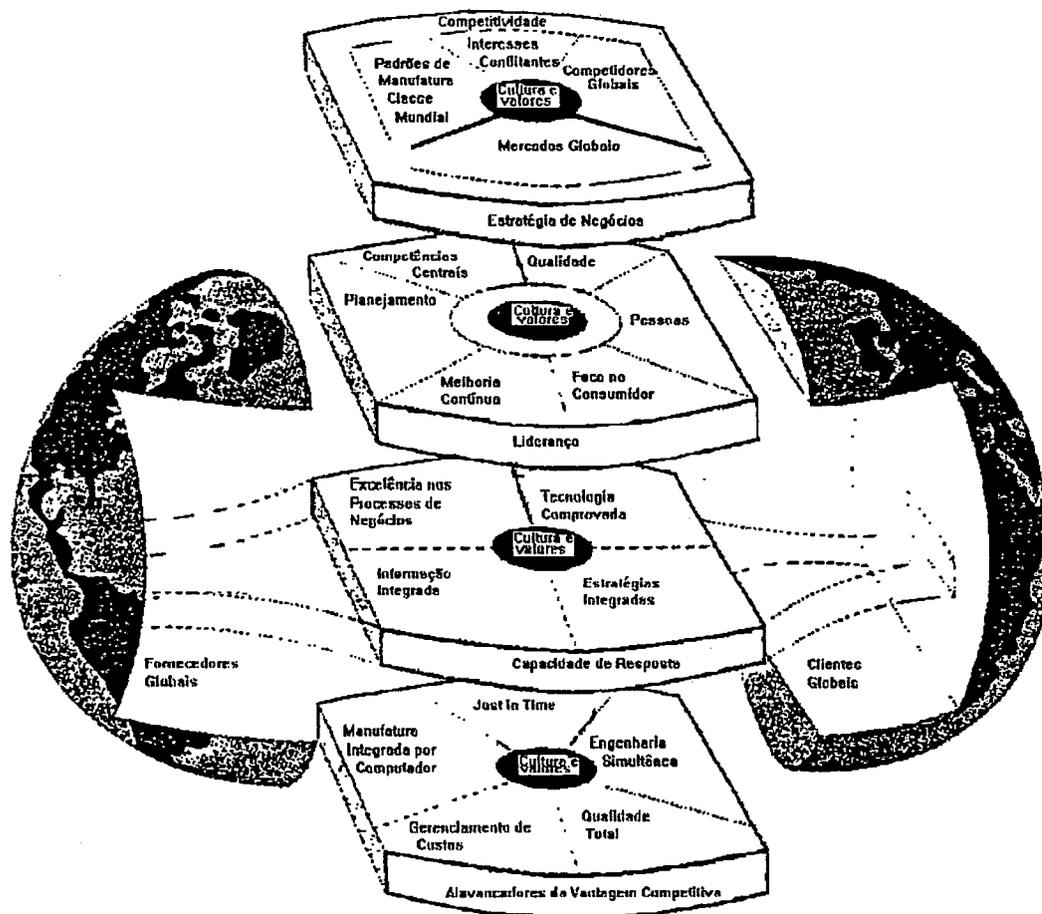


Figura 7.1 - Processos de Negócios na Manufatura - Adaptado de GUNN (1992)

Observa-se nesta conceituação que o sistema de administração da produção tem a função de alavancador de vantagem competitiva. Sob esta ótica, no tópico a seguir estão demonstradas as razões da melhor adequação do MRP II à manufatura em questão, assim como a proposta de um novo enfoque para uma aplicação mais eficaz deste sistema. Está sumarizada também a contribuição que o modelo japonês pode emprestar à produção sob encomenda.

7.2 Aplicabilidade do MRP II na produção sob encomenda não repetitiva

A análise do processo produtivo deste estudo permite concluir com muita naturalidade que, dentre os modelos estudados, o MRP II é o que melhor se adapta e responde às solicitações da produção sob encomenda não repetitiva.

Este sistema é adequado para tratar com complexas estruturas de produtos, que possuem vários níveis na árvore de montagem, e muitos componentes por nível.

As modificações, tanto no produto como no processo, ocorre com muita frequência e com muita naturalidade neste tipo de produção. O sistema MRP II reage bem frente a esta dinâmica, sendo capaz de reconhecer a influência que a alteração de um item exerce em toda a estrutura de um produto.

Outra característica importante desta manufatura que facilita a utilização do modelo é o lead time longo. Esta condição permite reprocessamentos adequados nos sistemas computacionais utilizados para o MRP II.

Apesar destas virtudes, os sistemas e softwares comerciais do MRP II apresentam uma grave lacuna frente as necessidades da manufatura que está sendo estudada.

Nenhuma outra produção tem vínculo e interação tão forte com o CLIENTE como nesta. Cada venda, cada produto, cada entrega corresponde a um Contrato legal, registrado em cartório e submetido às penas da lei.

Os sistemas MRP II e seus respectivos softwares, universalmente comercializados e mesmo customizados administram bem o processo geral de manufatura, fornecem boas informações da fábrica como um todo, envolvendo todos os produtos. Porém, ainda não oferecem, de maneira adequada, respostas rápidas e gerenciamento direto para cada Contrato em execução. É até possível obter estas informações via MRP II, mas de forma mais lenta e indireta do que a desejada.

Dado o expressivo desenvolvimento de hardwares e softwares, é esperado que os sistemas MRP II operem tanto atividades tradicionais já estabelecidas, como novas atribuições requeridas pelo ambiente de evolução tecnológica atualmente presenciada. É neste contexto de inovações que se insere a proposta de inclusão de uma nova faceta nos sistemas MRP II, privilegiando o gerenciamento do Contrato estabelecido com o Cliente. Esta abordagem sugere a integração dos dados de toda a cadeia do processo de manufatura, desde a venda até a entrega e instalação do produto, gerando informações individualizadas e personalizadas para cada Contrato da carteira de pedidos da companhia. O tratamento adequado a cada Contrato permite simultaneamente a melhoria de atendimento ao Cliente e o monitoramento do resultado econômico-financeiro da operação da empresa de produção sob encomenda não repetitiva.

Os dois principais aplicativos integrados com base no MRP II do mercado mundial, segundo a empresa de consultoria KPMG Peat Marwick, são os softwares de origem européia, SAP e BAAN.

O SAP é um produto da Alemanha, com funcionamento consolidado nas grandes e médias empresas, que possui complexo projeto de implementação, com custo e tempo elevados.

O BAAN é de origem holandesa, fabricado na própria Holanda, Estados Unidos e Índia. Para atingir o mercado de empresas pequenas, a companhia fechou um acordo de cooperação com a Microsoft para oferecer o software em versão Back Office, ou seja, um produto mais barato e simples de implantar, disponível nas prateleiras das lojas.

Em relação à contribuição do modelo japonês, um recente estudo conduzido por WATANABE (1996), apresenta a configuração e a transferibilidade do modelo japonês de organização industrial para outros países, inclusive o Brasil. As empresas japonesas procuram eliminar o desperdício de todas as áreas de atividades através de um conjunto de princípios, onde se destacam:

- a prática da gestão JIT;
- automação de baixo custo, normalmente desenvolvida nas atividades de melhoria contínua (Kaizen);
- produção sem defeitos, suportada pelo controle de qualidade total e pela manutenção preventiva;
- sistema de subcontratação, estável e cooperativo.

Segundo Watanabe, a transferibilidade do modelo japonês depende fundamentalmente de dois fatores: da qualidade da educação e da motivação dos trabalhadores em todos os níveis hierárquicos, desde o chão-da-fábrica até à alta administração.

Entretanto, no decorrer do presente estudo, ficou evidenciado que a prática da gestão JIT não é apropriada para uma manufatura sob encomenda não repetitiva.

Para SCHONBERGER (1987), a tentativa de transposição de partes do sistema JIT para uma outra manufatura não permite a caracterização da produção JIT, ou em outros termos, JIT somente pode ser reconhecido como tal se estiver com todos os seus elementos integralmente em operação.

Nada impede, porém, que os outros princípios vistos acima do modelo japonês de organização industrial possam ser aplicados em qualquer tipo de manufatura.

Assim, não só é possível, como é imperativo para a competitividade da produção sob encomenda não repetitiva, introduzir inovações organizacionais inspiradas no modelo japonês.

7.3 Sugestões para futuras pesquisas

Apesar de não constituir o objetivo central da presente dissertação, as sugestões para pesquisas constituem uma importante contribuição na produção acadêmica.

Durante a exploração teórica dos sistemas abordados, surgiram uma série de indagações, muitas delas impostas pelo avanço experimentado pela microinformática, a nível de Brasil, durante esta década.

Assim, é perceptível na literatura geral, e em particular na literatura brasileira desta área do conhecimento, que os mais recentes desenvolvimentos de hardware e software não estão incorporados nas teorias, nos sistemas, nas discussões e nas pesquisas de campo apresentadas.

É por esta razão que coloca-se as seguintes questões como sugestões para pesquisas e enriquecimento do conhecimento na área da engenharia de produção, em especial na linha de pesquisa do planejamento e controle da produção.

- Qual o impacto nas técnicas do PCP convencional proporcionado pelo avanço da informática (?)
- Este avanço da informática já teria conseguido dissimular o uso do MRP II, tido como muito pesado, caro e apropriado somente para enormes companhias com grandes computadores (?)
- Como as empresas estão usufruindo as atuais facilidades proporcionadas pela microinformática nos seus sub-sistemas de gestão da manufatura (?)
- Qual o comportamento do Sistema de Planejamento e Controle da Produção nas empresas que estão caminhando para operação "estendida em redes de subcontratação", como por exemplo na fábrica da Volkswagen localizada em Resende/RJ (?)
- Qual o impacto das plataformas de redes locais no projeto e implementação de sistemas de administração da produção (?)

Sob a ótica do tipo de organização do trabalho, o novo paradigma de produção industrial é aquele que vem sendo desenvolvido nas empresas

japonesas das indústrias automobilística e eletrônica, ao longo das últimas duas décadas.

Seria oportuno pesquisar e conhecer também o comportamento das empresas do Japão que operam na indústria sob encomenda não repetitiva.

7.4 Conclusão final

Nos últimos anos, importantes pesquisadores tem trabalhado com informações extraídas do cotidiano das indústrias nacionais, dispendendo esforços para verificar como a indústria utiliza e aplica os pressupostos teóricos que fundamentam as atividades do Planejamento e Controle de Produção no Brasil.

Focalizando o setor metal-mecânico da indústria nacional, os trabalhos de MACHLINE (1985), BASTOS (1988), RESENDE (1989), SACOMANO (1990), MOCCELLIN (1992), MARTINS (1993), PIRES (1994), CHRISTIANO (1995), MARÇOLA (1995), LEONCINI (1996), entre outros, propiciaram a divulgação, adoção e implementação de técnicas desta área do conhecimento que vem de encontro com as necessidades de modernização deste importante segmento industrial no país.

O presente trabalho, ao registrar e divulgar os desafios inerentes ao segmento manufatureiro de bens de capital sob encomenda, de vital importância para o desenvolvimento de um país emergente como o Brasil, incrementa o esforço e expande as fronteiras dos trabalhos acima citados.

Outro aspecto de relevância deste trabalho é seu caráter de inter-relacionamento entre a universidade e a empresa, que ainda continua carente de um amplo modelo de integração estimulado por decisões governamentais.

Entretanto, universidades e empresas reconhecem a importância do relacionamento e procuram estabelecer ações no seu âmbito de atuação.

Entre estas empresas, a Sade Vigesa tem procurado engajar seus engenheiros nos programas de pesquisas das Universidades de São Carlos, representadas pelas Escola de Engenharia de São Carlos e a Universidade Federal de São Carlos.

Como resultado deste esforço, as pesquisas desenvolvidas nestas Universidades tem permitido à empresa alavancar um processo de contínua modernização nos seus sistemas de produção e de gestão.

Espera-se que o presente trabalho, tendo percorrido o “estado da arte” das técnicas do planejamento e controle da produção, possa também enriquecer o desempenho de um complexo sistema interdependente da integração de seus componentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, O. L. - *Adaptabilidade dos sistemas de engenharia como pré-requisito de competitividade manufatura classe mundial : mitos & realidade*. Coordenação de eventos da Escola Politécnica da USP. 1996

BASTOS, R. M. - *Sistema de planejamento das necessidades de materiais e dos recursos de manufatura: MRP e MRP II*. Porto Alegre, RS. Dissertação, UFRGS, 1988.

BUFFA, E. S. - *Modern production management: a short course in managing day-to-day operations*. New York, John Wiley, 1975.

BUFFA, E. S. & SARIN, R. K. - *Modern production/operations management*. John Wiley & Sons, New York, 1987.

BURBIDGE, J. L. - *Production control: a universal conceptual frame work*. Production Planning & Control, Vol. 1, 1990.

CARVALHO JR., J. M. - *A estratégia de manufatura em uma empresa de bens de capital sob encomenda*. Revista Máquinas e Metais, São Paulo, Nov/1996.

CHRISTIANO, A. C. - *Projeto e implantação de células de manufatura em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda*. Dissertação, EESC/USP, 1989.

CHRISTIANO, A. C. - *Planejamento da produção na manufatura celular. Um procedimento heurístico de programação de tarefas na produção não repetitiva sob encomenda*. Tese de Doutorado, EESC/USP, 1995.

COLENCI JR, A. - *Um estudo de sistematização da tecnologia de fixação por parafusos de alta resistência, no caso brasileiro.* Tese de Doutorado, EESC/USP, 1992.

CORREA, H. L. & GIANESI, I. G. - *Just in Time, MRP II e OPT - um enfoque estratégico.* Editora Atlás, São Paulo, 1993.

CRISTOVÃO, J. L. B. - *Aplicação de algumas ferramentas de engenharia simultânea numa empresa produtora de bens de capital sob encomenda.* Dissertação, EESC/USP, 1994.

EBISUI, E. A. - *Desenvolvimento e implantação de um sistema de programação comando numérico para corte térmico de chapas em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda.* Dissertação, EESC/USP, 1993.

ESCRIVÃO FILHO, E. - *CCQ e "Just in Time" : uma análise integrada.* Dissertação, PUC/SP, 1987.

FLEURY, A. C. C. - *A questão da tecnologia e a organização da engenharia na empresa industrial brasileira.* Tese de Livre Docência, Escola Politécnica/USP, 1983.

FOGARTY, D. W. ; BLACKSTONE, J. H.; HOFFMANN, T. R. - *Production & Inventory management.* South - Western Publishing, Cincinnati, 1991.

GOLDRATT, E. M. & COX, J. A. - *A Meta.* São Paulo, IMAM, 1986.

GONÇALVES FILHO, E. V. - *Computer- aided group technology part family formation based on pattern recognition techniques.* University Park Penn, The Graduate School, 1988.

HAX, A. C. & CANDEA, D. - *Production and inventory management*. Prentice Hall, New York, 1984.

HAX, A. C. & MEAL, H. C. - *Integration of seasonal planning and detailed scheduling*. Harvard Business, 1971.

HIRSCHFELD, H. - *Planejamento com PERT-CPM e análise do desempenho: método manual e por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins, construção civil, marketing, etc.* Editora Atlas, São Paulo, 1985.

HOLSTEIN, W. K. - *Production planning and control integrated*. Harvard Business, 1968.

JOHNSON, L. A. & MONTGOMERY, D. C. - *Operations research in production planning scheduling and inventory control*. John Wiley, New York, 1974.

KIMURA, O. & TERADA, H. - *Projeto e análise do sistema de "puxar", um método de controle de produção de múltiplos estágios*. In Monden, Y. *Produção sem estoques: uma abordagem prática do Sistema de Produção da Toyota*. IMAM, São Paulo, 1984.

LEONCINI, M. P. - *Uma análise dos SAP e seus temas em fábricas de grande porte*. Dissertação, EESC/USP, 1996.

MACHLINE, C. - *Planejamento e controle de produção na indústria nacional de bens de equipamento*. Revista Administração de Empresas, 1985.

MACHLINE, C. - *Evolução da administração da produção no Brasil.* Revista Administração de Empresas, São Paulo, Jun/1994.

MARÇOLA, J. A. - *Proposta e desenvolvimento de um sistema de gerenciamento da produção de dispositivos dedicados.* Dissertação, EESC/USP, 1995.

MARTINS, R. A. - *Flexibilidade e integração no novo paradigma produtivo mundial, estudos de casos.* Dissertação, EESC/USP, 1993.

MARTINS, R. A. & SACOMANO, J. B. - *Integração, flexibilidade e qualidade: os caminhos para um novo paradigma produtivo.* Gestão e Produção, UFSCAR/SP, 1994.

MEZZARANO, F. - *Proposta de um modelo de programação e sequenciação em ambiente celular.* Dissertação, EESC/USP, 1993.

MOCCELLIN, J. V. - *Contribuição a programação de operações em sistema de produção intermitente flow-shop.* Tese de Livre Docência, EESC/USP, 1992.

MONDEN, Y. - *Produção sem estoques: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota.* São Paulo, IMAM, 1984.

MOURA, R. A. & UMEDA, A. - *Sistema Kanban de manufatura, Just in Time : uma introdução às técnicas de manufatura japonesa.* São Paulo, IMAM, 1984.

ORLICKY, J. A. - *Material requirements planning.* New York, 1975.

PIRES, S. R. I. - *Integração do planejamento e controle da produção a uma estratégia da manufatura.* Tese de Doutorado, EESC/USP, 1994.

PLOSSL, G. W. - *Production and inventory control - principles and techniques*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1985.

PRADO, V. - *Desenvolvimento e implantação de um sistema de geração e transmissão de programas comando numérico para centros de usinagem e tornos*. Dissertação, EESC/USP, 1995.

RESENDE, M. O. - *Planejamento e controle da produção: teoria e prática da indústria mecânica no Brasil*. Tese de Doutorado, EESC/USP, 1989.

RESENDE, M. O. & SACOMANO, J. B. - *Princípios dos sistemas de planejamento e controle da produção*. Apostila da EESC/USP, 1991.

SACOMANO, J. B. - *Uma análise da estrutura funcional do planejamento e controle da produção e suas técnicas auxiliares*. Tese de Doutorado, EESC/USP, 1990.

SCHONBERGER, R. J. - *Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade*. Livraria Pioneira, São Paulo, 1987.

SERIO, L. C. - *Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo*. Editora Ícone, São Paulo, 1990.

SILVER, E. A. & PETERSON, R. - *Decision systems for inventory management and production planning*. John Willey, New York, 1984.

SOUZA, F. B. - *Fundamentos de teoria das restrições e uma aplicação em uma metodologia de integração de empresa*. Dissertação, EESC/USP, 1997.

SUGIMORI, Y. et alii - *Sistema de produção Toyota e Sistema Kanban: materialização dos sistemas "Just in Time" e respeito à condição humana*. In Monden, Y. *Produção sem estoques: uma abordagem prática ao Sistema de Produção da Toyota*. IMAM, São Paulo, 1984.

TACHIBANA, W. K. - *Contribuição do sistema de informações gerenciais: Uma proposta de um instrumento para a gestão econômica de um sub sistema produtivo*. Tese de Doutorado, EESC/USP, 1992.

THIOLLENT, M. - *Problemas de metodologia*. In Fleury, A.C.C. & Vargas, N. *Organização do trabalho*. São Paulo, Atlas, 1983.

TOMAOKA, R. M. - *Aplicação de tecnologia de grupo na formação de famílias de ferramentas de usinagem para torneamento*. Dissertação, EESC/USP, 1991.

VANALLE, R. M. - *Estratégia de produção e prioridades competitivas no setor de autopeças*. Tese de Doutorado, EESC/USP, 1995.

VERGARA, S. C. & YAMAMOTO, I. - *Razões da crise do modelo de gestão japonês*. *Revista de Administração*, São Paulo, Mar/1997.

VOLLMANN, T. E. et alii - *Manufacturing Planning and Control Systems*. Business One Irwin. Homewood, 1992.

WATANABE, S. - *O modelo japonês: sua evolução e transferibilidade*. *Revista de Administração*, São Paulo, Set/1996.

WEMMERLOV, U. - *Production planning and control procedures for cellular manufacturing concepts and practices*. APICS- American Production and Inventory Control Society, 1988.

· **WIGHT, O. W.** - *Production and inventory management in the computer age*. New York, Van Nostrand, Reinhold, 1984.

ZACCARELLI, S. B. - *Administração estratégica da produção*. Editora Atlas, São Paulo, 1990.