

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

**O CONCEITO PLANEJAMENTO FINO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO APLICADO EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA**

**SANDRO MURILO SANTOS**


**Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do  
Grau de Mestre em Engenharia**

**FLORIANÓPOLIS, SETEMBRO DE 1997**

**O CONCEITO PLANEJAMENTO FINO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO APLICADO EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA**

**SANDRO MURILO SANTOS**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.



---


**Prof. Ricardo Miranda Barcia, Dr.**  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



---

**Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.**  
Orientador



---

**Prof. Rolf Hermann Erdmann, Dr.**



---

**Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr.**



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMO</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>x</b>

### **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

<b>1.1- ORIGEM DO TRABALHO</b>	<b>01</b>
<b>1.2- MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO</b>	<b>02</b>
<b>1.3- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>03</b>
<b>1.4- OBJETIVOS DO TRABALHO</b>	<b>05</b>
<b>1.5- ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO</b>	<b>06</b>
<b>1.6- METODOLOGIA DO TRABALHO</b>	<b>06</b>

### **CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

<b>2.1- MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR- CIM</b>	<b>08</b>
<b>2.2- PLANEJAMENTO FINO E CONTROLE DA PRODUÇÃO - PFCP</b>	<b>10</b>
<b>2.3- PESQUISAS NA ÁREA</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1- Geração de sistemas de produção baseado em             simulação</b>	<b>16</b>
<b>2.3.2- Recursos de informática aplicados ao chão de             fábrica</b>	<b>17</b>

2.3.3- Sequenciamento em ambiente de produção sob encomenda	19
2.3.4- Dificuldades do PCP em ambientes de produção sob encomenda	22

### **CAPÍTULO 3 - O PFCP EM FERRAMENTARIA**

3.1- AMBIENTES DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA	24
3.2- AMBIENTES FABRICANTES DE MOLDES (FERRAMENTARIAS)	27
3.3- O PCP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA	30
3.4- DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS COMERCIAIS EM FERRAMENTARIAS	34
3.4.1- O MRP II em um ambiente de ferramentaria	34
3.4.2- O JIT em um ambiente de ferramentaria	37
3.4.3- O OPT em um ambiente de ferramentaria	39
3.4.4- O PERT em um ambiente de ferramentaria	42
3.5- SISTEMAS OFERTADOS NO BRASIL	44
3.5.1- Sistema AHP Leitstand	45
3.5.2- Sistema FMS300 Graphischer Leitstand	47
3.5.3- Sistema PREACTOR 300	49

### **CAPÍTULO 4 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO PFCP EM UM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA**

4.1- AMBIENTE DA EMPRESA (FERRAMENTARIA)	51
4.1.1- Área comercial e PCP	54
4.1.2- Área de projetos	54
4.1.3- Área de usinagem	55
4.1.4- Área de metrologia	56

<b>4.2- DIFICULDADES ATUAIS DO PCP</b>	<b>56</b>
<b>4.3- MODELO ORGANIZACIONAL DO PCP PROPOSTO</b>	<b>61</b>
4.3.1- Telas do sistema	66
4.3.2- Telas de apresentação do Preactor	69
4.3.3- Coletor de dados	74
4.3.4- Planilhas e softwares aplicados	78
4.3.5- Relatórios do sistema	84
<b>4.4- Resultados Obtidos</b>	<b>93</b>
<b>4.5- Dificuldades Encontradas</b>	<b>94</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
<b>5.1- CONCLUSÕES</b>	<b>96</b>
<b>5.2- RECOMENDAÇÕES</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>99</b>

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Modelo em “Y” do sistema CIM	09
2.2	Evolução dos sistemas	11
2.3	As integrações do PFCP	13
3.1	Estruturas de produção definidas a partir do Instante de Chegada do pedido	26
3.2	Caracterização da produção sob encomenda	27
3.3	Visão geral das atividades do PCP	31
4.1	Modelo do sistema de PFCP implantado	62
4.2	Tela principal do sistema	66
4.3	Tela de controle de orçamentos	67
4.4	Tela de ordem de serviço - OS	68
4.5	Tela de ordem de execução - OE	69
4.6	Tela principal do Preactor	70
4.7	Tela de turnos	71
4.8	Tela do sequenciador	72
4.9	Gráfico de Gantt	73
4.10	Gráfico de Gantt	74
4.11	Tela do coletor de dados	75
4.12	Tela de apontamento manual	76
4.13	Tela de verificação do usuário	77
4.14	Tela do coletor de dados	78
4.15	Fluxograma do sistema de ferramentaria	80
4.16	Estrutura do banco de dados	81
4.17	Estrutura lógica de funcionamento do Preactor	82
4.18	Lista de ordens de execução pendentes	85
4.19	Relatório de horas utilizadas por ordem de serviço	86
4.20	Relatório de totais de horas por centro de custo	87
4.21	Relatório de horas trabalhadas por funcionários e rendimento	87

<b>4.22</b>	<b>Relatório de ordens de execução pendentes</b>	<b>88</b>
<b>4.23</b>	<b>Lista de peças atrasadas</b>	<b>89</b>
<b>4.24</b>	<b>Lista de peças atrasadas por OS</b>	<b>89</b>
<b>4.25</b>	<b>Lista de peças atrasadas por OE</b>	<b>90</b>
<b>4.26</b>	<b>Relatórios de horas utilizadas por OS</b>	<b>91</b>
<b>4.27</b>	<b>Relatórios de custo por OS</b>	<b>92</b>

## AGRADECIMENTOS

À Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC, representada pelos seus diretores Prof. Silvio Sniecikovski, Prof. Reinoldo Dario Miranda e Prof. José Maria Melim que sempre, desde o ato da inscrição, estiveram apoiando a realização deste curso e não mediram esforços no sentido de oportunizar a realização do mesmo.

Ao amigo e professor orientador Dalvio Ferrari Tubini pela ajuda nas horas de dúvidas e desânimos durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos, os quais não teria como nomear sem cometer o erro pelo esquecimento, já que foram tantos e em todos os momentos estiveram incentivando e vibrando com os resultados deste trabalho.

Aos meus pais Neri e Guida, por terem sido sempre incentivadores e orgulhosos da minha profissão, mesmo nas horas mais difíceis.

E principalmente a minha esposa Fabiana e minha filha Danielle que se sacrificaram junto a esta empreitada, suportando as tensões dos dias difíceis e a ausência em muitos momentos durante este último ano de duração deste trabalho.



## RESUMO

Esta dissertação propõe a aplicação de um modelo de Planejamento Fino e Controle da Produção em um ambiente de produção sob encomenda, sendo usado como modelo de implantação uma empresa que trabalha na fabricação de moldes de injeção de plástico e alumínio. O trabalho apresenta a teoria referente aos níveis de atuação do PCP, adaptando um modelo teórico ao chão de fábrica de uma ferramentaria.

As etapas do trabalho consideram a integração de um banco de dados desenvolvido a um sistema sequenciador comercial. Esta integração é alimentada por um coletor de dados desenvolvido para este fim.

No trabalho são relatadas as etapas de elaboração, os resultados e as dificuldades de implantação.

## ABSTRACT

This work proposes an application of a production control scheduling model in a job-shop environment. An illustrative case of this model is applied by a company, which works with design and manufacturing of injection dies. The theory of the different levels of PCP adapted at a theoretical model of the shop-floor in a moulding manufacturer is presented.

The integration of a data bank was developed and considered into the steps of this work. In the same way a data collector was specially developed for the system integration software. Conversely, the software used to this integration was a commercial software.

In this work are the phases, results and difficulties for the implementation are related.

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1- ORIGEM DO TRABALHO

A integração dos continentes chamada economia globalizada tem provocado uma mudança de paradigmas em função da proximidade que se estabeleceu entre os mercados e principalmente, entre as empresas concorrentes.

No Brasil esta abertura tem provocado um crescimento acelerado de algumas empresas, contudo outras estão sujeitas a sumirem pois estiveram por muitos anos trabalhando em um mercado protegido, onde o cliente não tinha opções e as empresas não sentiam a necessidade de crescerem tecnologicamente.

Por outro lado as fornecedoras de pacotes de planejamento e controle de produção (PCP) tinham como meta o atendimento de grandes empresas, que detinham um mercado garantido dentro de seus continentes. Estes pacotes de PCP exigiam, na década de 70 e início da década de 80, plataformas computacionais de grande porte, sendo que somente grandes empresas puderam investir nesta tecnologia.

Com a globalização econômica percebeu-se que estes softwares apresentavam dificuldades em função da diminuição dos lotes, prazos de fornecimento mais confiáveis e maior variedade de ofertas, ou seja, maior flexibilidade diante de um mercado mais dinâmico.

Atualmente existe uma lacuna entre os sistemas MRP e o chão de fábrica, o que tem gerado um interesse das *software houses* em desenvolver sistemas de planejamento dinâmicos através da utilização de critérios de recursos finitos, ou seja, planejar observando o tempo real e se o que está sendo planejado é realmente executável.

Para tanto os novos sistemas devem contemplar [CORREA E PEDROSO 1997]:

- possibilidade de realizar funções de controle em tempo integral;
- comunicação em tempo real com os sistemas utilizados na produção (CAD, CAM, CAE, CAQ, CNC, DNC etc);
- operação de sistemas heterogêneos;
- planejamento instantâneo dos recursos em ilhas de produção ou em ambientes *job-shop* (produção sob encomenda);
- redução do volume de dados no PCP, pelo uso de módulos de otimização e simulação;

- interface uniforme e amigável com toda a empresa, para controle e monitorização eficiente e transparente da produção;
- descentralização de tarefas com maior ênfase ao nível de controle e planejamento do chão de fábrica.

A ênfase maior deste trabalho envolve os conceitos referentes ao planejamento fino e controle da produção (PFCP), aplicados em ambientes *job-shop* (conhecidos no Brasil com o nome de produção sob encomenda), e mais particularmente num ambiente de ferramentaria (fabricante de moldes).

Este assunto tem sido bastante abordado na literatura recente, porém a aplicação proposta neste trabalho voltado a ferramentaria, não foi encontrada nas pesquisas feitas e busca uma integração do chão de fábrica de uma empresa que trabalha com o fornecimento de moldes utilizando os conceitos de PFCP.

O conceito PFCP baseia-se no sistema alemão *Leitstand*, que através de uma abordagem hierárquica e descentralizada supre deficiências dos conhecidos sistemas de planejamento dos recursos da manufatura - MRP II, na função de programação e controle de chão de fábrica e mostra-se bastante adequado num ambiente de integração da manufatura (CIM) [MELLO, 1994].

## 1.2- MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO

Uma pequena empresa que fornece serviços para empresas clientes, bem maiores que ela própria, está sujeita a se adaptar ao poder de barganha de seu cliente e até mesmo perde-la em função de não aceitar suas imposições.

O dirigente de uma empresa prestadora de serviços sob encomenda, e mais precisamente de uma ferramentaria, tem em determinado instante a insegurança ao assumir serviços, com o risco de levar a empresa ao prejuízo, resultado da falta de informações para a tomada de decisão. Quando se fala em riscos, refere-se à necessidade de uma tomada de decisão sem ser respaldada nos dados necessários. Desta forma o dirigente tem que decidir pela sua intuição somente, o que leva geralmente ao não cumprimento das solicitações assumidas (qualidade, preço e prazo) e a insatisfação do cliente.

Quando um cliente procura um fornecedor para participar de uma concorrência na fabricação de moldes, o mesmo normalmente já possui o desenho do produto e os custos estimados de execução das ferramentas. A definição de prazos também está estimada baseada na

época ideal de lançamento do produto ou até mesmo na substituição do ferramental para aumento de demanda. Estas definições são fundamentais para seleção do fornecedor que tenha um bom preço do ferramental (não necessariamente o menor) e um prazo adequado à necessidade.

Os fornecedores de moldes frequentemente são pequenas empresas nas quais o proprietário, na maioria das vezes, foi um empregado de uma grande empresa e na esteira das terceirizações, teve a oportunidade ou criou a oportunidade de abrir seu negócio. Este dirigente normalmente não possui grande escolaridade e, principalmente, aprendeu a administrar baseado no seu *feeling*, onde os custos e a programação do trabalho é feita manualmente ou às vezes nem existe. Todo o prazo acordado é baseado na grande experiência adquirida ao longo do tempo.

Esta situação foi sustentada até pouco tempo atrás, mas atualmente em função das políticas de qualidade e abertura de mercados, os clientes têm feito um acompanhamento através de cronogramas e auditorias ao longo do tempo de execução. Têm ocorrido casos do cliente não permitir a conclusão do serviço e transferir o trabalho para outro fornecedor em função do não cumprimento de algumas etapas no prazo, devido ao risco de atraso no lançamento do produto.

Supõe-se que somente com um sistema integrado no chão de fábrica se torne possível definir com certa garantia o prazo de entrega de um molde. Um molde pode ter mais de 40 componentes a serem fabricados, podendo-se chegar a mais de 1000 horas de trabalho, sendo que cada um é produzido em mais de um posto de trabalho e a maioria com tratamentos de superfície. Também ocorre com freqüência a produção de mais de 2 moldes simultaneamente. Rapidamente o número de variáveis a serem controladas tornam-se impossíveis de serem analisadas sem a ajuda de uma metodologia que mostre as etapas no seu estado atual e a previsão futura. Deve-se levar em conta ainda os problemas comuns ocorridos numa ferramentaria, tais como : peças fora do especificado, acidentes de trabalho, ausência de funcionários, quebra de máquinas, manutenção preventiva (no caso de existência), erros de projeto, atrasos de materiais, entre outros.

### **1.3- DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Existem três fatores principais que levam um cliente a comprar um ferramental (molde) de uma empresa fabricante de molde (ferramentaria). São eles: qualidade, custos e prazo de entrega do molde.

A qualidade nos últimos anos não tem se mostrado mais uma vantagem competitiva, ou seja, para que uma ferramentaria possa concorrer em uma oferta de serviço para um grande

cliente, a qualidade é considerada como fator mínimo para que ela esteja entre as que receberam a solicitação de orçamento.

O cliente mantém um histórico do fornecedor quanto a qualidade dos serviços prestados a ele, e no caso do primeiro serviço, o cliente normalmente exige uma listagem dos clientes atendidos e faz uma consulta para saber como estes clientes foram atendidos. Fora esta pesquisa, o cliente interessado em efetuar o serviço, normalmente procura o projeto de menor investimento e busca adiantar o mínimo valor financeiro possível para o fornecedor. Toda esta tratativa visa garantir que o fornecedor entregue o serviço (molde) dentro da qualidade esperada. Qualquer problema que o fornecedor tenha no primeiro serviço, implica, na maioria das vezes, em suspensão definitiva dos contratos futuros com este cliente.

O outro fator considerado para um cliente contratar uma empresa é o valor do serviço oferecido. Quanto maior o cliente, maior é o seu poder de barganha e em determinadas situações ocorre um verdadeiro leilão entre os fornecedores. Neste item a empresa fornecedora necessita ter seus custos bem definidos, os dados de chão de fábrica devem estar atualizados para, mediante o interesse em assumir o serviço, o fornecedor ter estabelecido seu limite mínimo de preço ou até mesmo, dependendo do cliente, prever um prejuízo para conquistar o cliente e recuperar o déficit nos próximos serviços comprados por este cliente.

Nos últimos anos com a abertura do mercado entre os continentes, está ocorrendo que as empresas têm feito cotações no Brasil e no exterior. Diante desta situação a dificuldade aumenta, já que os concorrentes estão muito bem equipados, têm grande experiência na fabricação de moldes complexos e conseguem na maioria dos casos oferecê-los com um custo menor. Este fator não é suficiente para um cliente comprar um ferramental no exterior, pois o custo envolvido com a própria viagem de um técnico para a compra do serviço, impostos de importação ou o risco do ferramental chegar na empresa e ter problema de manutenção, tem levado os compradores a buscar fornecedores no Brasil e, com isso, a questão custo tem sido negociada mediante a qualidade de serviços e prazos oferecidos.

O fator prazo geralmente não tem negociação, já que o cliente normalmente está com as vendas elevadas e necessita urgentemente dobrar a capacidade de produção de seu ferramental, ou ainda, precisa lançar um produto antes do seu concorrente. No caso de um lançamento a situação se torna mais complexa, pois normalmente o cliente tem um pacote de moldes e em função da montagem posterior dos conjuntos, não aceita tratar com mais de uma empresa fornecedora, o que leva o fornecedor a ter um grande volume de serviço para pouco tempo de

execução. Nesta situação, frequentemente o cliente pede um cronograma de execução e vincula os prazos com contratos de entrega sujeitos a multas e, até mesmo, no menor questionamento do cumprimento dos prazos, retira todo o serviço e aloca em outro fornecedor.

Diante da explanação feita, percebe-se que o sucesso da empresa fornecedora de moldes (ferramentaria) está principalmente na confiabilidade que esta oferece ao cliente em entregar o molde dentro dos prazos acordados, com custos adequados e a qualidade requerida do produto final. É fácil entender a situação dos clientes, pois o preço do molde comparado com o prejuízo de um lançamento atrasado, ou do número de produtos que não foram vendidos no período de atraso, é geralmente milhares de vezes maior. Imagine uma empresa fabricante de “condicionadores de ar” que previa fazer seu lançamento no início da temporada de verão, e em função do atraso de uma ferramenta o produto foi lançado somente no meio da temporada ou no final da mesma.

Fica evidente que o problema maior que uma ferramentaria tem encontrado ultimamente, está relacionado com a organização interna de seu planejamento, para que ela possa assumir os prazos estabelecidos pelos clientes baseado na análise da situação atual e futura de seus recursos produtivos.

O problema está em garantir a sobrevivência da empresa melhorando os sistemas de informações do chão de fábrica visando cumprir os prazos e, conseqüentemente, continuar como fornecedor deste e outros clientes. Melhorando os prazos, aumentará o número de serviços e o potencial de lucros.

#### **1.4- OBJETIVOS DO TRABALHO**

O objetivo geral deste trabalho consiste em implantar e analisar os efeitos da implantação de um sistema de planejamento fino e controle da produção em ambientes de ferramentarias.

Para atingir este objetivo geral, vários objetivos específicos precisam ser atendidos, entre eles:

- Descrever o sistema de planejamento fino e controle da produção;
- Desenvolver um sistema de planejamento fino e controle da produção para ferramentaria;
- Apresentar os resultados da implementação de um sistema de planejamento fino e controle da produção em uma ferramentaria.

## 1.5- ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em 5 capítulos. O capítulo I aborda a origem do trabalho, qual a motivação do autor ao elaborar o mesmo, a definição do problema e os objetivos a serem atingidos. O capítulo II trata do embasamento do trabalho, enfatizando as pesquisas desenvolvidas na área. O capítulo III cria um modelo de PCP genérico baseado na fundamentação teórica do capítulo anterior, caracteriza o chão de fábrica de um ambiente de ferramentaria e apresenta alguns *softwares* comerciais existente no mundo, bem como as dificuldades de implementar estes no chão de fábrica. No capítulo IV o ambiente de aplicação do trabalho é apresentado com todas as áreas envolvidas. São mostradas as dificuldades atuais do chão de fábrica, a solução proposta para o PCP desta ferramentaria, os resultados obtidos e as dificuldades encontradas. Finalmente o capítulo V apresenta as conclusões do trabalho com as devidas recomendações para trabalhos futuros.

## 1.6- METODOLOGIA DO TRABALHO

O trabalho será elaborado mediante ao delineamento obtido através de consultas a pessoas relacionadas ao ambiente de ferramentaria, sendo principalmente os gerentes de ferramentaria, programadores de produção de produtos não seriados e operadores de máquinas. Outros dados serão obtidos em manuais de planilhas de cálculos e *softwares* de programação de produção, universidades, centros de pesquisas e bibliografias nas áreas de sistemas de produção, sistemas de tempo real, processos de fabricação e outros pertinentes ao assunto.

Os principais locais onde serão buscadas as fontes de bibliografia serão as universidades, sendo as principais: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade de São Paulo (USP), Universidade de Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina (UDESC) e Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE).

Como fonte de consulta serão utilizados livros, periódicos, revistas, dissertações de mestrado e teses de doutorado. A forma de coleta de dados será através de entrevistas com funcionários de empresas, uso do correio eletrônico, pesquisas em bibliotecas e participação de eventos da área.

Sempre que necessário será utilizado *softwares* de planilhas de cálculos, de simulação, geradores de gráficos, e geradores de dados estatísticos.



Os principais recursos utilizados serão os disponíveis no Centro de Mecânica de Precisão de Joinville - CMPJ. O centro é dividido em 3 áreas, sendo: projetos, usinagem e metrologia dimensional. Cada área respectivamente são equipadas com máquinas de usinagem CNC, equipamentos de metrologia de última geração, computadores e *softwares*. O trabalho vai utilizar da experiência do centro na fabricação de ferramentas, de alguns parceiros e principalmente dos clientes atendidos.

## CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1- MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR - CIM

O conceito CIM (*computer integrated manufacturing*) abrange todas as funções de engenharia representadas pelas diversas siglas encontradas na área de manufatura, sendo que extrapola, uma vez que também inclui as diversas funções administrativas que compõem o organismo de uma empresa e que suportam a produção. O conceito ideal do CIM é uma incorporação, em uma indústria de manufatura, de todas as funções, direta ou indiretamente relacionadas com a produção, em um ambiente computacional integrado para assistir, otimizar e automatizar as operações.

O CIM é uma nova forma de se fazer negócios, não somente um sistema específico mas um conjunto de aplicações, procedimentos, práticas e organização. Com o CIM ocorre a melhora do fluxo e o uso de informações entre as operações e atividades da empresa e seus parceiros de negócios. Através do CIM existe o compartilhamento de informações entre a engenharia, produção, vendas e as demais áreas de suporte e os parceiros e clientes [KOSANKE e KLEVERS, 1990][ALMEIDA e ALCOFORADO, 1996].

O CIM, ao longo do tempo, trará um impulso em seu desenvolvimento e será cada vez mais aplicado como estratégia em busca da competitividade. A influência da flexibilidade nos sistemas de produção sobre a competitividade é notória, que segundo CORRÊA e GIANESI [1993] tem diversas dimensões:

- flexibilidade de novos produtos: habilidade de incluir novos produtos ou alterar produtos já existentes.
- flexibilidade do *mix*: habilidade de produzir determinado sub conjunto da linha de produtos da empresa em um dado período de tempo.
- flexibilidade de volume: habilidade de alterar os níveis de produção do sistema de manufatura de forma eficaz.
- flexibilidade de entrega: habilidade de alterar eficazmente as datas de entrega de pedidos do sistema.
- flexibilidade de robustez: habilidade do sistema continuar funcionando ou retomar funcionamento normal, uma vez que ocorra uma mudança relevante no suprimento de insumos ou do processo em si.

O CIM conforme o modelo apresentado na figura 2.1, conhecido como “Y” de SCHEER [1993] ou ainda como modelo “Y” do CIM, apresenta todas as suas atividades integradas. O lado direito é responsável por todas funções técnicas de engenharia de fabricação e o lado esquerdo pelas funções organizacionais de planejamento e logística.

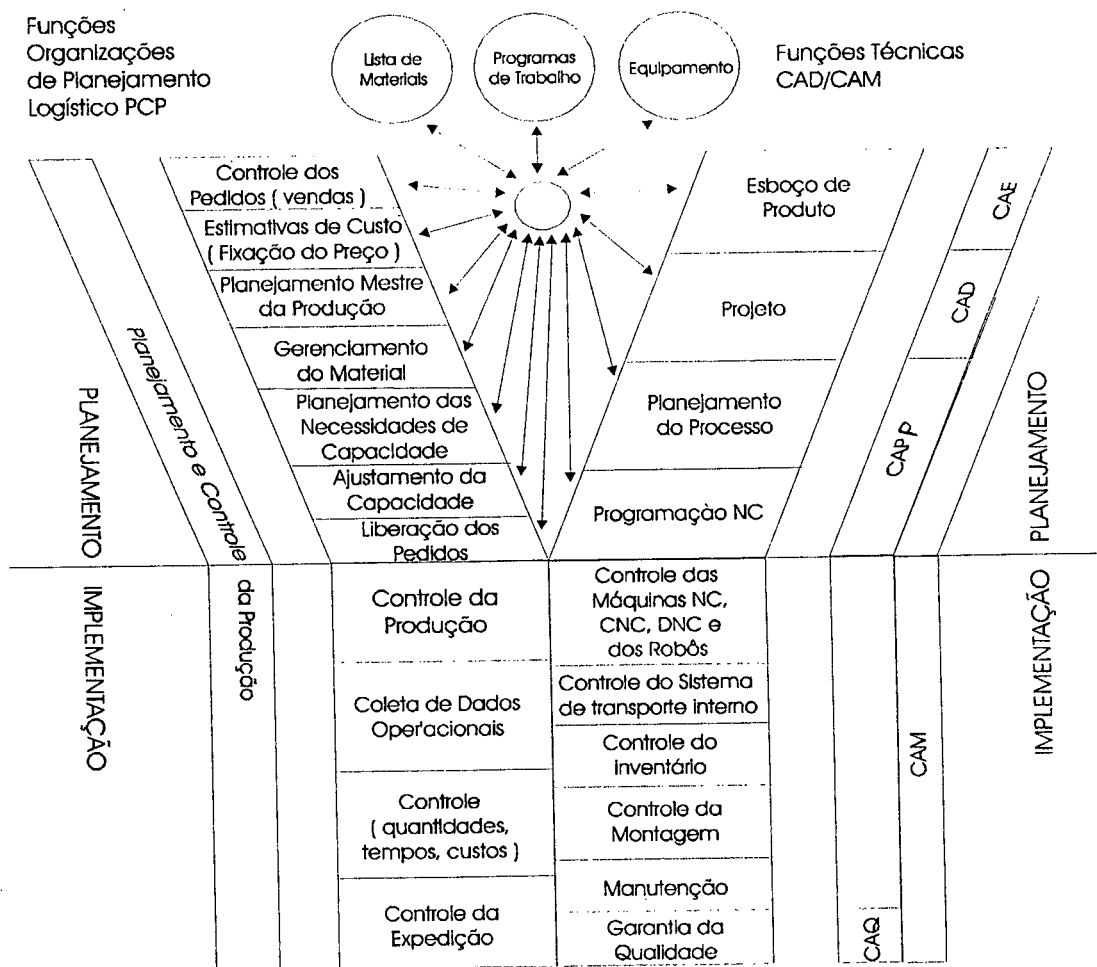


Figura 2.1- Modelo em “Y” do sistema CIM

O sistema CIM conforme apresentado na figura 2.1, envolve o uso de uma série de tecnologias que produzem ferramentas de auxílio às atividades de planejamento e implementação do sistema de produção. O lado esquerdo do modelo, as atividades de planejamento e controle da produção, que são o objetivo principal deste trabalho, serão abordados com maior ênfase nos próximos capítulos. O lado direito do modelo, que compreende as ferramentas técnicas de auxílio ao planejamento e implementação da produção, são definidas a seguir [TUBINO, 1997] :

- CAE (Engenharia Auxiliada por Computador): envolve transações com bases de dados de programas de aplicação usados no desenvolvimento e avaliação de especificações funcionais de

produtos, peças e processos, através da análise de engenharia (elementos finitos, elementos de contorno, simulações).

- CAD (projeto auxiliado por computador): é utilizado na produção de desenhos, listas de materiais e outros conjuntos de instruções para as atividades subsequentes de produção, ou seja, funções de projetos [SCHÜTZER, 1996].
- CAPP (planejamento de processo auxiliado por computador): são ferramentas usadas para gerar planos de processos, e orientam a execução das diversas operações sequenciais de cada tarefa de produção. Nesta fase são usadas as atribuições do CAM (manufatura auxiliada por computador) através da geração dos programas CNC, simulações, gerenciamentos de arquivos de programas, pós-processamento e comunicação para o DNC (controle numérico distribuído) [SCHÜTZER, 1996].
- CAM (manufatura auxiliada por computador): caracteriza as funções de geração do programa de comando numérico, transmissão e controle de execução do mesmo em chão de fábrica, aplicadas a máquinas, robôs, sistemas de manipulação de material, inspeção e teste. O CAM é definido como o uso efetivo da tecnologia do computador no planejamento, gerenciamento e controle das funções de manufatura [SCHEER, 1993]. Estas funções podem ser divididas em duas. A primeira, a fase de planejamento engloba as funções de estimativa de custos, CAPP, banco de dados de usinagem, gerenciamento de ferramentas, programação de peças com CNC, simulações de sistemas de manufatura, balanceamento de linhas de produção, gerenciamento de programas CNC, comunicação para o DNC e outros. Na fase de execução e controle, o CAM está relacionado com o desenvolvimento de sistemas computacionais para a implementação de funções de controle da manufatura. Em geral envolve controle de processo, controle de qualidade, controle de chão de fábrica e monitoramento do processo através de ferramentas desmembradas do CAM, como: CAP (produção auxiliada por computador), CAT (teste auxiliado por computador) e o CAQ (qualidade auxiliada por computador).

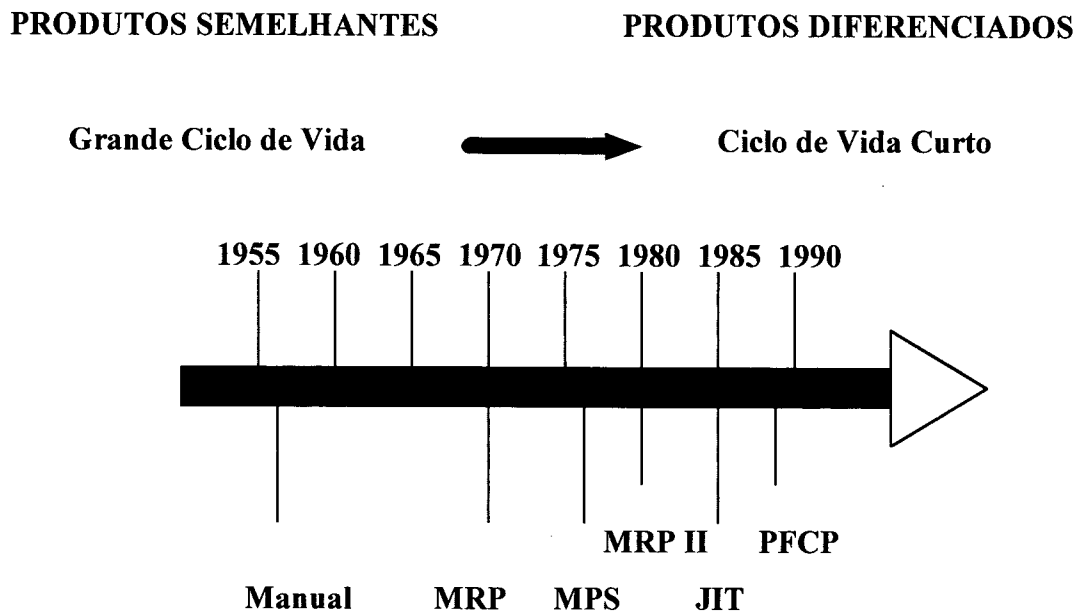
A etapa seguinte do trabalho aborda as evoluções dos sistemas de PCP's ao longo dos anos e apresenta o sistema de planejamento fino e controle da produção.

## **2.2- PLANEJAMENTO FINO E CONTROLE DA PRODUÇÃO - PFCP**

O planejamento e controle da produção ao longo dos anos sofreu modificações para acompanhar as mudanças do mercado consumidor. A figura 2.2 apresenta a evolução das

soluções para satisfazer as novas necessidades do mercado, e dentro desta visão foram desenvolvidos o sistema MRP II (planejamento dos recursos da manufatura) , o JIT (produção no tempo certo), o OPT (tecnologia de produção otimizada) e recentemente, ainda neste final do século surge o conceito PFCP [BREMER e outros, 1992].

### EVOLUÇÃO DO MERCADO CONSUMIDOR



**Figura 2.2- Evolução dos sistemas**

Dentro da implementação de sistema CIM, notou-se a necessidade de aproximar o planejamento de materiais a um controle em tempo real do chão de fábrica. Como resposta surgiu na Alemanha um conceito chamado *leitphilosophie* na língua alemã. Este conceito no Brasil tem sido chamado de planejamento fino e controle da produção (PFCP). Este conceito busca um elo de ligação entre o planejamento macro (médio e longo prazo) e o chão de fábrica. A ligação é feita através de um tipo de sistema definido como *leitstand* na língua alemã, sendo que a tradução literal do termo é algo como “posto de controle” ou “central de controle”, e como designação mais adequada a planejamento fino e controle da produção [BREMER e outros, 1993].

Estes sistemas *leitstand* podem ser definidos como um sistema computacional gráfico de suporte à decisão para a programação e controle interativo da produção para um horizonte de curto prazo. O *leitstand* utiliza o recurso computacional gráfico para suportar a tomada de decisão do programador da produção.

As entradas básicas para o sistema de PFCP são:

- ordens de produção, com quantidades e datas de início mais cedo e término mais tarde;
- disponibilidade de recursos, como a disponibilidade de ferramentas e dispositivos, status e carga de máquina;
- especificações do processo, como o roteiro de fabricação e tempos de preparação e processamento, máquinas alternativas etc.

Os componentes básicos de um sistema de PFCP são [FERREIRA e outros, 1996]:

- um sistema gráfico capaz de fornecer uma representação pictorial da programação por centro produtivo;
- um editor de programação para manualmente gerar e manipular programas, como exemplo, adicionar ou excluir ordens de produção, alterar quantidades, alocar determinada operação a outro recurso etc;
- um sistema gerenciador de base de dados para acessar informações relevantes para a programação e controle. Deve possuir meios para integrar o PFCP a outros sistemas, como de coleta de dados, planejamento da produção, planejamento do processo entre outros;
- possuir um componente de avaliação para se medir a performance das programações geradas;
- e opcionalmente, um componente de programação automática.

O PFCP tem como proposta de trabalho prover um tempo de resposta adequado ao chão de fábrica, e para isto, considera a tecnologia de redes de coleta de dados e a existência de um planejamento macro como fundamental, dada a característica hierárquica do conceito de PFCP.

O conceito de planejamento fino e controle da produção, que engloba a aplicação de um sistema de programação visual e controle da produção assistidos por computador, não é um conceito adequado a qualquer tipo de empresa de manufatura. Existem certas tipologias de empresa nas quais a aplicação do conceito apresenta maior potencial.

De uma maneira geral, pode-se dizer que as tipologias em que o conceito de PFCP melhor se adequa estão dentro do âmbito do CIM e são empresas que possuem máquinas flexíveis, não dedicadas a um produto específico e sua programação geralmente envolve mais de um objetivo na programação da produção.

Conforme mostra a figura 2.3, dentro de ambiente CIM a programação e o controle da produção tem um papel fundamental de integrar outras áreas da empresa ao chão de fábrica, bem como coordenar os diversos sistemas que se envolvem diretamente com a produção, como por exemplo o transporte, gerenciamento de ferramental e outros.

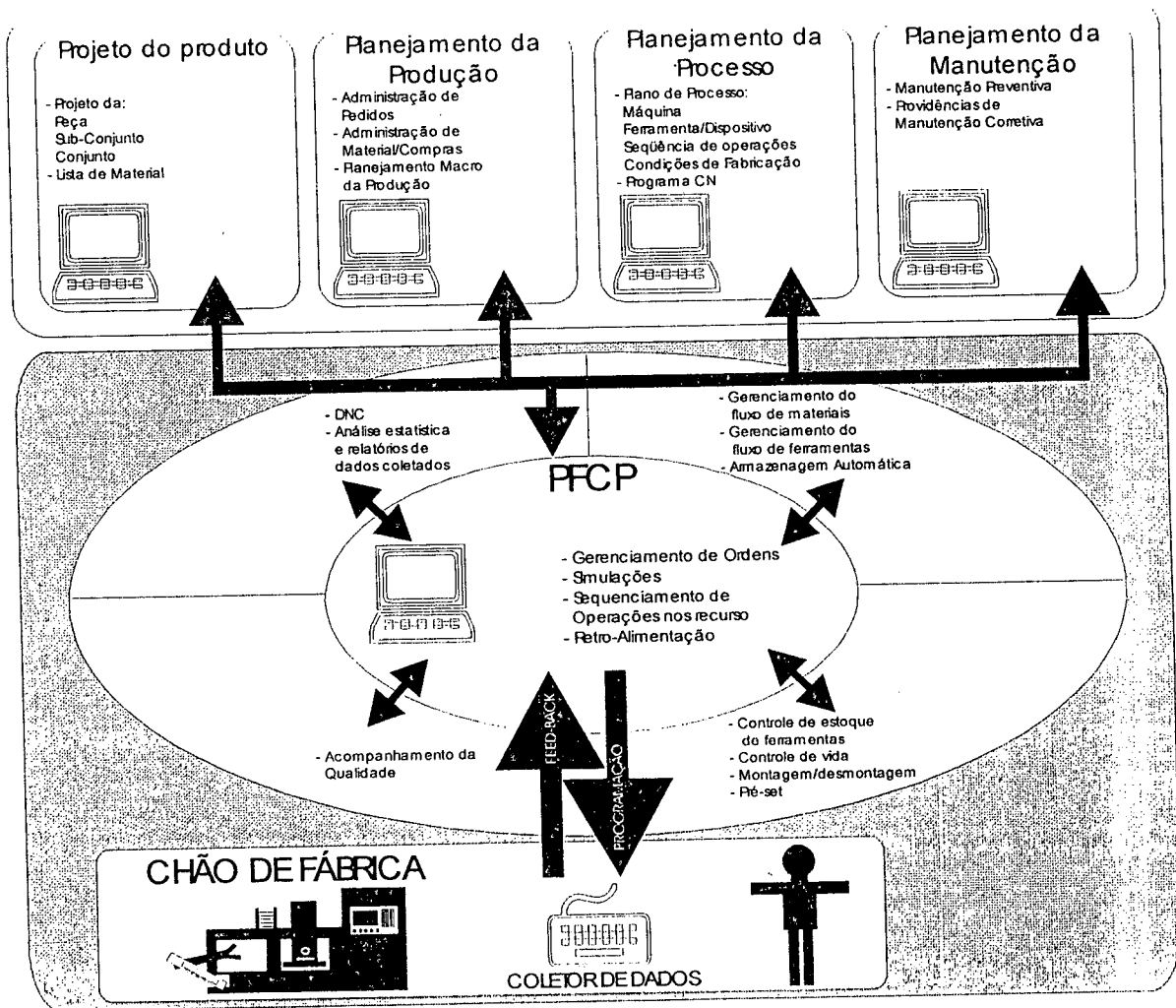


Figura 2.3 - As integrações do PFCP

O PFCP trabalha como um canal de comunicação entre as áreas da empresa e a produção, bem como gerencia as atividades dos diversos sistemas de chão de fábrica. Como um sistema supervisor, recebe um conjunto específico de tarefas de um sistema de mais alto nível e também se comunica com os sistemas de controle de processo, dos quais recebe informações sobre eventos ocorridos na produção.

Abaixo estão detalhadas as integrações de sistemas de PFCP com outras funções da manufatura [MELLO, 1994].

O sistema central de planejamento e controle da produção fornece ao PFCP os prazos para os lotes de itens. Cada peça recebe uma data mais cedo de início (determinada pela disponibilidade de materiais) e a data mais tarde de término (em função dos prazos assumidos). Estas datas são obtidas do sistema de planejamento que deve ter uma visão geral de todos os pedidos de produtos no tempo, e que gerencia a disponibilidade ou compra de materiais, dentro

de uma visão de um sistema de planejamento e controle descentralizado. Este sistema poderá ser um MRP ou MRP II que já demonstrou sua eficiência para planejamento de longo e médio prazo.

O PFCP retro alimenta o planejamento da produção com informações a respeito do que foi realmente executado, quando, em quanto tempo, com quanto refugo etc. Baseado nestas informações o planejamento da produção corrige seus dados e assume novos compromissos com clientes ou negocia novos prazos. Outro resultado deste processo é o refinamento dos dados previstos no planejamento para serem utilizados em novos trabalhos.

No planejamento do processo quanto menores os lotes de fabricação e maior a variedade de produtos finais, maior a interação entre a programação da produção e o planejamento do processo. As informações fornecidas pelo planejamento da produção são de ordem macro, e para aumentar a precisão dos dados na entrada do PFCP, o planejamento do processo informa com mais detalhamento utilizando ferramentas como o CAPP para definir tempos envolvidos em cada operação, quais máquinas ou células que são capazes de executar determinado conjunto de operações, a seqüência e ferramentas necessárias. Por outro lado, a retro alimentação dos tempos reais gastos para a preparação do recurso produtivo e para a produção das peças serve para o planejamento do processo avaliar a precisão dos tempos por ele estimados. A integração entre estas funções é importante na medida que roteiros e máquinas alternativas podem ser utilizadas para tratar com os gargalos da produção.

Existem aspectos relativos à competitividade da empresa que estão diretamente relacionados com o PFCP, como [MELLO, 1994]:

- menor prazo de entrega: mover informações e materiais de forma ágil são fundamentais para evitar tempos improdutivos que não agregam valor ao produto, apenas custos. Desta maneira, ciclos rápidos de fabricação com curtos prazos de atendimento ao cliente são importantes critérios competitivos e relacionam-se diretamente ao PFCP, ou seja, flexibilidade de entrega, volume e robustez.
- baixos custos: fatores importantes de custos como a baixa produtividade, o nível de estoque em processo e de matéria-prima e o nível de utilização dos equipamentos estão relacionados diretamente ao PFCP, ou seja, flexibilidade de volume e robustez.
- linhas diversas de produtos e produtos com pequeno ciclo de vida: uma linha diversa de produtos aumenta a complexidade da função PFCP, bem como o número de informações que ele deve trabalhar. Da mesma forma, dado o projeto concluído, o tempo de colocação em



produção de um novo produto e a administração da obsolescência de produtos que saem de linha estão relacionados com as atividades do PFCP, ou seja, a flexibilidade de *mix*.

Particularmente as empresas que fazem uso de capital intensivo na produção devem buscar a mudança e manter altos níveis de ocupação dos recursos produtivos, baixo estoque em processo e de produtos finais.

O estoque em processo, representado por toda matéria-prima que já iniciou seu processamento mas ainda não se tornou produto acabado, depende do tempo médio de manufatura das peças. Quanto menor o tempo médio de manufatura, mais rapidamente flui a produção. O resultado é que o material que deixou de ser matéria prima após a primeira transformação fica menos tempo em produção como estoque em processo, gerando uma maior rotação de peças no chão de fábrica. Essa relação entre o tempo total gasto para obtenção de um item (*lead-time*) e estoque em processo é chamada “teoria de funil”[ZACARELLI, 1987].

Outra relação importante é entre flexibilidade e ocupação da carga disponível dos recursos produtivos. Maior será a flexibilidade de um sistema produtivo como um todo, quando melhor for a ocupação da carga máquina disponível com operações produtivas[MELLO, 1993]. O próprio dimensionamento de lotes dentro de um ambiente que visa a flexibilidade deve ter uma abordagem diferente da utilizada pela técnica de definição de lote econômico. Deve-se buscar a redução dos custos fixos associados ao lote de tal maneira a permitir lotes cada vez menores de peças diferentes. A tecnologia de grupo e a troca rápida de ferramental são técnicas que auxiliam nessa direção da redução dos custos fixos associados ao lote, viabilizando a produção de pequenos lotes.

O aumento da complexidade dos produtos e variantes também inviabilizam a produção de lotes econômicos dado o alto custo financeiro de manter estoque de peças de alto valor agregado. Assim, sistemas PFCP mais gerais e flexíveis devem determinar dinamicamente o tamanho dos lotes, em função das restrições e objetivos do momento.

Para se obter um sistema de PFCP que cumpra sua função, os requisitos importantes são: permitir uma modelagem realista do processo de manufatura, monitoramento permanente das ordens de produção e carga de máquina, técnicas de controle por objetivos e possibilidades do homem intervir diretamente sobre as decisões do sistema. Também se deve destacar a importância da existência de uma arquitetura hierárquica e descentralizada, na qual uma mudança no horizonte do tempo vislumbrado por uma função leva a uma mudança em seu nível hierárquico, alterando os tipos de dados utilizados bem como a precisão destes.

Finalizando o PFCP deve ser capaz de [MELLO, 1994]:

- planejar as necessidades futuras de capacidade;
- planejar a compra de materiais;
- planejar os níveis adequados de estoque;
- programar as atividades do chão de fábrica;
- saber a situação corrente de pessoas, equipamentos, materiais da manufatura e se comunicar adequadamente com estes;
- ser capaz de reagir eficazmente a mudanças, reprogramando atividades sempre que se fizer necessário;
- prover informações e outras funções a respeito de atividades previstas, alteradas, em execução e terminadas;
- ser capaz de se comprometer com prazos mesmo em situações dinâmicas do ambiente de manufatura.

Para elaboração deste trabalho foram analisadas um série de pesquisas realizadas na área de PCP. Visando simplificar a apresentação das pesquisas mais relevantes, as mesmas foram agrupadas segundo assuntos afins. A seguir estas pesquisas são apresentadas.

## **2.3- PESQUISAS NA ÁREA**

### **2.3.1- Geração de sistemas de produção baseado em simulação**

Segundo WICHMANN [1990], por muitos anos, a simulação tem sido usada na manufatura predominantemente na área de projetos. Recentemente a linguagem de simulação tem sido desenvolvida para ser usada no dia a dia, com excelente performance na geração de sistemas de produção.

Muitas empresas têm um caminho específico e único de integração de seus recursos, como transporte e controle de material, controladores lógicos, controle operacional, produção e *mix* de produtos. A simulação empregada em sistemas de programação tem vantagens óbvias, pois reflete a estrutura, operação da empresa e alguns níveis necessários de detalhes. Objetivos operacionais são de natureza dinâmica e possuem variáveis dependentes do meio interno e externo da empresa. Métodos de sequenciamento trabalham com diferentes objetivos, podendo resultar em conflitos de difícil solução. Exemplos: minimização do tempo de produção e tempo de espera.

WICHMANN [1990] afirmou que, diferentes métodos de sequenciamento têm sido desenvolvidos para assistir e resolver vários conflitos de objetivos operacionais. Experiências práticas sugerem que estes métodos não têm desempenho consistente em todas as empresas, dependendo de empresa para empresa. Frequentemente os métodos são adaptados para empresas específicas e os resultados são dependentes das experiências e experimentações.

Outros autores como LECOMTE e DEJAX [1991] desenvolveram um sistema de suporte à decisão (DSS) para problemas de controle de sistemas produtivos em ambiente de produção sob encomenda. Neste trabalho a simulação incorporava regras de sequenciamento, visando avaliá-la para geração de um novo sistema.

Outra importante aplicação foi feita por GUPTA e outros [1993], no qual os autores analisavam problemas de planejamento operacional e sequenciamento, utilizando um modelo de simulação para gerar saídas para um analisador estatístico. Este modelo incorporava regras de liberação de peças para entrada no sistema, assim como regras de despacho de peças para fabricação.

### **2.3.2- Recursos de informática aplicados ao chão de fábrica**

Segundo NACIF e SOUZA [1996], um sistema de coleta de dados automático é um fator importante para tomada de decisões de qualquer empresa. A coleta de dados diz respeito à utilização de meios eletrônicos para fornecer informações aos sistemas gerenciais e geralmente utilizam códigos de barra.

De acordo com CHRISROPH e outros [1992], os benefícios do uso de sistemas de coleta de dados automáticos são:

- redução no volume de fluxo de papel;
- informação atual e precisa, sem erros de digitação;
- melhor controle gerencial de ocorrências excepcionais;
- acesso direto dos parâmetros operacionais pela alta gerência.

Os autores concluíram que de uma forma geral, a escolha de sistemas automáticos de coleta de dados é difícil, tanto pelos custos envolvidos, como pela dificuldade de suporte das empresas vendedoras. Os sistemas justificam serem implantados quando a empresa vislumbrar vantagens competitivas que possam ser obtidas com o sistema, ou seja, a implantação deve ser precedida de um planejamento estratégico da produção.

Já na área de sistemas de tempo real, o trabalho de BERTOSSI e FUSIELLO [1997] da Universidade de Trento na Itália, considerou que nos sistemas informatizados, atualmente aplicados nos mais diversos campos de atividades, é comum que seja feita a associação da velocidade do *hardware*, com o conceito de tempo real. Na verdade, a capacidade de processamento em curto espaço de tempo é desejável para uma série de fatores. Porém o mais importante é a predictibilidade, ou seja, a capacidade do sistema em avaliar ele próprio e realizar todas as tarefas requeridas no prazo limite. Os autores apresentaram uma revisão dos sistemas de sequenciamento, algorítmico para limites fixos, que assegurem a execução das diversas etapas de processamento dentro de seus prazos limite.

A conclusão dos autores é que o algoritmo de sequenciamento ótimo, é aquele que tenha a capacidade de programar todas as etapas realizáveis com prioridades designadas.

Já LIU e LEYLAND [1973] propuseram um modelo de algoritmo de sequenciamento com prioridades fixas, denominado *rate monotonic*, no qual o prazo limite de cada tarefa coincide com o prazo limite de um determinado período.

Segundo THOMAS [1997], os avanços da tecnologia em PC's tiram de foco as grandes plataformas computacionais. Os PC's estão realmente no mercado para solucionar os problemas reais da manufatura, e não existe possibilidade das indústrias voltarem aos *mainframes*. Além disto, hoje não é mais necessário ser uma grande empresa para usufruir dos benefícios de um software de gestão da produção, que inclua funções de controle básico de inventário, listas de materiais, pedidos, planejamentos, previsão de consumo de material e solicitações de fornecimento.

A dificuldade de aprendizado do uso destes *softwares* é inferior à de aplicativos de nível médio. Para pequenas empresas cada vez mais a redução de preços é uma boa razão de escolha para um PC. Muitas empresas de diversos tamanhos optam por soluções em PC's, devido à robustez, quando comparados à produtos de porte médio. Na opinião do autor, os *softwares* para PC's são mais práticos para os ambientes de produção, porque eles utilizam as últimas ferramentas de desenvolvimento disponíveis, além de permitirem interfaces com outros *softwares*, e padrões básicos de dados da indústria.

### 2.3.3- Sequenciamento em ambiente de produção sob encomenda

Segundo KANET [1991], após o desenvolvimento do MRP e MRP II na década de 70 no campo do controle da produção e inventário gerencial, tem sido desenvolvido um sistema eletrônico chamado *leitstand*, que é um computador gráfico interativo baseado num sistema de suporte à decisão para o planejamento e controle da produção. O *leitstand* pode ser interpretado e entendido como um sistema desenvolvido para apoiar o planejamento humano, tratando-se de um software alemão, feito para controlar um posto operativo ou uma central de fabricação.

Conforme o autor, o *leitstand* é um sistema de suporte à decisão para o planejamento e controle na fabricação. As características básicas deste sistema são:

- representação gráfica do planejamento na forma de gráficos de *Gantt* para facilitar a visualização;
- editor para a geração manual e manipulação do planejamento, podendo adicionar ou deletar ordens de produção, alterar quantidades, ou seqüência de operações;
- um banco de dados do sistema gerencial para manuseio de informações e com capacidade de comunicação com outros subsistemas;
- um componente de avaliação para mensurar a performance do planejamento;
- um componente automático de geração e manipulação do planejamento.

KANET considerou que os pontos mais importantes na logística de *softwares* tem sido a avaliação de sua flexibilidade, ser amigável com o usuário, intuitivo, ter uma transparência da lógica para planejar e ajudar o programador no detalhe das ordens de produção entre outros fatores. O *leitstand* é provido de um gerenciador tal como uma ferramenta, para suportar o planejamento de eventos que estão chegando, eventos futuros que devem ser previstos no planejamento e capacidade relativa as decisões.

Como já citado por THOMAS [1997], o autor considerou que atualmente a evolução da informática possibilita ter sistemas rodando em PC's e interfaces com vários sistemas. O sistema de planejamento pode ser posicionado entre um sistema de MRP e o chão de fábrica onde está a produção. De um lado o *leitstand* opera no planejamento, servindo como um condutor para colocar os requerimentos para fora de um sistema de MRP, com um detalhamento dos planos de ações de todos os recursos da empresa. Do outro lado, serve com o modelo de controle, com *feedback* do processo, dos níveis de informações, ajustes do planejamento e planejamento das condições correntes.

O *leitstand* define que o compromisso do planejamento é mais do que especificar uma prioridade de seqüência, pois envolve distribuição dos tempos, que é a especificação de quando uma operação inicia e termina. A simulação de tempos de tarefas é usado quando não se obtém a solução adequada de planejamento, então este processo deve ser repetido até encontrar uma solução ótima.

Quando comparado ao JIT, o autor concluiu que o JIT sugere a liberação de ordens de serviços até o tempo preciso que uma operação é requerida e necessita de um controle preciso a cada minuto, sendo que as informações devem ser enviadas até o trabalho ser completado. Num ambiente dinâmico estas informações são trocadas constantemente. Trabalhando com muita precisão, este requer uma propriedade de planejamento a ser avaliada rapidamente e uma avaliação das conseqüências destas no plano de ações. Diante dessas considerações, as prioridades são despachadas e o *kanban* é insuficiente para providenciar a visualização das necessidades do planejamento. Um *leitstand* providencia a identificação da necessidade, permitindo que o programador visualize rapidamente as conseqüências de sua escolha de seqüência das operações, como usar horas-extras, operação, aumento de turno, etc.

Outra solução para o sequenciamento da produção sob encomenda é apresentada por JACOBS e LAUER [1994]. Estes afirmaram que para a solução dos problemas nestes ambientes é necessário um sistema de planejamento específico de apoio à decisão para o ambiente de produção sob encomenda, que é denominado de DSSMS (*decision support system for machine scheduling*). Esta metodologia tem sido recentemente definida como uma ferramenta de valor substancial para o planejamento de várias aplicações de fabricação. O DSSMS está baseado num microcomputador interativo, provido para produzir planejamento baseado em tempo real ou informações contínuas vindas do chão de fábrica e entradas de informações realizadas pelos programadores. O sistema inclui a habilidade de incorporar quantidades indeterminadas de informações específicas de fabricação, de tal maneira, que esta função permite agrupar serviços com similar requisitos de fabricação para consecutivo sequenciamento.

Os autores atribuem que a complexidade associada ao sequenciamento da produção sob encomenda deriva da natureza das características gerais do ambiente. Tipicamente estes ambientes produzem um grande número de diferentes produtos, cada um com várias exigências de fabricação. Não é comum nestes ambientes montar-se um banco de dados, pois desta maneira ter-se-ia milhares de itens da produção regular e outra quantidade para produtos especiais. O banco de dados para cada produto regular (e para cada produto especial) requer providências de

fabricação específicas, incluindo ordens de fabricação, várias operações a serem executadas, operações de *setup*, fixação, padrões, tempos de processos alocados para cada operação etc. As ordens das operações para um produto, a rota que o produto fará dentro da fabricação, tipicamente cada operação de um produto exigirá que o produto seja fisicamente movido para diferentes máquinas e dependendo do ambiente, este pode conter poucas, 2 ou 3, ou mais de 100 máquinas.

Os serviços contêm inventários para cada máquina, e estes são carregados no sequenciador. Estes inventários podem atingir níveis muito altos e criar um considerável congestionamento. Fatores que contribuem para altos níveis dos inventários incluem falta de materiais, manutenção de máquinas não previstas (programadas ou não), falta de funcionários, retrabalho em função de problemas de qualidade, produtos especiais que requerem adicional replanejamento no processo e/ou para iniciar operação (*setup*), trocas de planos, e cancelamento de ordens. Congestionamento na fábrica são condições que contribuem para adicionar problemas, tais como, o tempo de produção perdido devido a serviços desperdiçados, materiais, *setup*, perda papéis de trabalho, dificuldade em direcionar os materiais e falta de motivação dos operadores.

JACOBS e LAUER [1994] mencionaram que numerosos sistemas têm sido desenvolvidos para melhorar a tomada de decisão no controle de chão de fábrica. Uma grande quantidade de recursos tem sido concentrada no desenvolvimento de algoritmos que produzem uma solução ótima para a redução do problema. Em geral, estes sistemas não têm conseguido apoiar a tomada de decisão no controle de chão de fábrica.

Alguns sistemas têm usado modelos de simulação para derivar métodos gerais que trabalham com objetivos específicos. Outros têm focalizado em sistema utilizando soluções de inteligência artificial. Estes sistemas têm encontrado limitado sucesso na atual aplicação. Para a maior parte, estes sistemas operam com “caixas pretas” que produzem um sequenciamento automático externamente ao benefício da entrada da decisão do programador. Muitas vezes, tais sistemas operam com um ambiente computacional de grande porte. As seqüências que resultam desses sistemas, não são rápidas como as exigidas no ambiente de chão de fábrica, e comumente as saídas de dados são fora das datas em que são realizados os serviços. Os gerentes perdem a visão das prioridades vencidas, pela quantidade de trocas e a natureza caótica do chão de fábrica.

Os autores concluíram que para os sistemas de sequenciamento atenderem adequadamente ao ambiente de produção sob encomenda, estes devem considerar os seguintes objetivos:

- satisfazer às exigências do departamento sucessor: recuperando as informações previstas e geradas no sistema de informações da fábrica, incluindo manutenção, transferência de informações, considerando as expedições de serviços críticos de departamentos abaixo;
- minimizar os inventários de serviços em processo: este deve ser endereçado em dois caminhos. Primeiro, o serviço que tenha completado todas as operações é automaticamente expedido para a próxima operação. O sistema deve prever automaticamente, programando a máquina sucessora para a conclusão do serviço. Em segundo, o sistema incorpora uma função de puxar o serviço (da filosofia JIT), em que o departamento sucessor define o serviço que vai necessitar;
- maximizar o cumprimento de prazos de serviço: o sistema deve utilizar um método de sequenciamento que programe os serviços em cada máquina, levando em conta o prazo de entrega;
- minimizar a demanda de gerenciamento: o sistema deve ser designado para endereçar diretamente ao objetivo. Bancos de dados visualizam e dão baixa nos feitos do sistema externamente à necessidade de adicionar dados de entrada;
- maximizar os serviços que estão com suas datas vencidas: isto é realizado em dois estágios. Primeiro, as datas vencidas são assinaladas no sistema de informações da fábrica e então são usadas para gerar prioridades que assegurem que estes serviços serão concluídos nos tempos previstos. Segundo, o programador de chão de fábrica providencia a opção de trocar as datas de conclusão interativamente;
- sequenciamento amigável para tratar de objetivos conflitantes: este deve ser suficientemente flexível para quantificar hora a hora as operações requeridas levando em conta a complexidade da programação em ambiente de produção sob encomenda.

#### **2.3.4- Dificuldades do PCP em ambientes de produção sob encomenda**

JACOBS e LAUER [1994] afirmaram que o número de problemas associados com a baixa performance no planejamento de máquinas que trabalham em regime de produção sob encomenda (*job-shop*) incluem: parada dos centros de trabalhos devido à quebra, serviços extras, serviços com datas vencidas, longo tempo de ciclo dos serviços, alto nível de trabalhos em processo, excessivas horas extras e outros problemas operacionais. Adicionalmente, muitos fatores são concorrentes a outros. Por exemplo, o aumento de resultado na expedição requer uma tendência



de aumento de serviço em processo, enquanto uma redução na hora extra causa um aumento no tempo de conclusão e a duração do serviço ultrapassa a data final.

HILL e outros [1991] constataram que existem dois fatores que dificultam o sequenciamento em um ambiente *job-shop*, sendo eles o tecnológico e a capacidade dos programadores e gerentes de produção. Conforme estes autores, a melhor estratégia ainda depende principalmente da experiência dos usuários, porém se o sistema permitir, a consequência de alguma particular decisão pode ser antecipada e avaliada.

JACOBS e LAUER [1994] concluem que freqüentemente as dificuldades estão exacerbadas num sistema informatizado de planejamento, que falha para providenciar as necessidades e as informações requeridas naquele momento, para rapidamente serem tomadas as decisões no chão da fábrica. Um resultado desta falha é que uma quantidade significativa de tempo é perdida para fazer manualmente o replanejamento e então expedir as alterações para o chão de fábrica.

O capítulo 3 aborda os ambientes de produção sob encomenda, enquadrando dentro destes ambientes as empresas que trabalham com fornecimentos de moldes (ferramentarias). A função do PCP é descrito dentro do ambiente de ferramentaria e são mostradas as dificuldades de implantação de sistemas comerciais nestes ambientes.

## CAPÍTULO 3- O PFCP EM FERRAMENTARIA

### 3.1- AMBIENTES DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA

Os sistemas de produção sob encomenda (*job-shop*) são característicos de empresas que trabalham com produtos muito diversificados, necessitando de ambientes flexíveis [WALKER, 1996]. Estes processam uma grande diversidade de peças a baixos volumes, e em função de que aproximadamente 75% do volume em dinheiro de todos os produtos metal-mecânicos são fabricados em lotes inferiores a cinquenta peças cada levou ao desenvolvimento dos sistemas flexíveis de manufatura (FMS), que são capazes de processar lotes de médio volume de variedade média de peças [LIMA e SIMON, 1995].

Dentro da produção sob encomenda, cada pedido refere-se a um produto quase sempre diferente, produzido a partir de um pedido específico, ao qual o cliente pode fornecer o projeto ou não. Não existe um catálogo “fechado” de peças sendo difícil prever “o que”, “o quando” ou “como” será feita a produção no período seguinte. Na prática, estas informações só ficam disponíveis com a chegada do pedido quando então o roteiro de fabricação é delineado, a produção se inicia e os materiais são encomendados [NUNES e outros, 1996].

A figura 3.1 apresenta uma classificação que é bastante útil para localizar a produção sob encomenda no universo dos vários tipos de estrutura de produção. A classificação focaliza a forma como uma empresa se posiciona em relação ao seu mercado, diferenciando os vários tipos de estruturas de produção, considerando em que momento, ao longo do fluxo de atividades necessárias à obtenção do produto, após ser recebido o pedido do cliente, ou quanto se conhece do produto em questão e dos recursos necessários para a sua fabricação nesse instante.[COSTA, 1996].

O ponto “A” descreve as empresas que se propõem a fabricar uma linha de produtos “aberta”, não sabendo de antemão o que vão fabricar. A variedade de serviços produzida hoje, via de regra, não é o que se produz amanhã. Tratam-se de situações nas quais tipicamente são fabricadas máquinas e equipamentos especiais, ferramentas e moldes. O ritmo de produção é pouco ou não repetitivo e os tempos totais de produção são relativamente longos (variando de meses até ano).

O ponto “B” descreve o caso de empresas que trabalham, com projetos fornecidos pelo cliente (embora, como no caso anterior, os roteiros de produção, a compra de materiais e a

fabricação sejam definidos também somente a partir do recebimento do pedido). Um exemplo típico são as usinagens do setor metal-mecânico que fabricam pequenos equipamentos, peças de reposição, ferramentas e moldes. A existência de um projeto fornecido pelo cliente, abrevia o tempo total de produção e simplifica as tarefas de planejamento e controle. Alguns casos são ainda simplificados (representado na figura pelo ponto “b”), quando o cliente envia junto com o projeto, os materiais para processamento. Este é o típico caso de empresas prestadoras de serviços e oficinas de reparos cuja gestão tende a concentrar na especificação do serviço e produção propriamente dita.

O ponto “C” representa empresas que apresentam uma extensa e heterogênea linha de produtos ou serviços, incluindo itens de famílias muito diversas. Os produtos estão normalmente catalogados, e conseqüentemente, seus projetos e processos de fabricação são conhecidos desde o recebimento dos pedidos. Porém, como a cada instante de tempo, apenas um pequeno percentual da linha de produtos está sendo fabricado, o *mix* de produção tende a estar sempre variando o que dificulta a estocagem prévia das matérias-primas mais dispendiosas para atender os eventuais pedidos. Em conseqüência, a tendência é que o processo de compras (ou parte expressiva dele) aguarde até a confirmação da solicitação do cliente.

Os pontos “D” e “E” representam situações de produção em que a linha de produtos e o “mix” de produção são suficientemente estáveis para que se possa fazer as compras de materiais antecipadamente, com base em previsões de consumo, ou numa abordagem mais moderna, estabelecer relações estáveis de fornecimento.

O ponto “E” é aquele em que os materiais estão estocados e alguns itens básicos estão disponíveis antes do recebimento do pedido do cliente (isto é, foram fabricados com base em previsões). Nesse caso apenas as partes ligadas a especificidade do pedido aguardam a definição do cliente. Comparada com a situação do ponto “D” permite conjugar respostas rápidas com flexibilidade no atendimento aos clientes.

Finalmente o ponto “F” se caracteriza pelo atendimento aos pedidos com base na estocagem de produtos finais. Essa situação é alcançada eficientemente em mercados estáveis onde a produção e as compras são feitas antecipadamente com base em previsões.

→ FLUXO GENÉRICO DE PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO AO LONGO DO TEMPO →						
PROJETO DO PRODUTO	DEFINIÇÃO DO ROTEIRO DE FABRICAÇÃO	COMPRA DOS MATERIAIS	FABRICAÇÃO DE ITENS BÁSICOS	MONTAGEM FINAL DE SEMI-ACABADOS	ESTOQUE	CLIENTE X
A →	A	A	A	A	A	X
	B →	B	B	B	B	X
	b →	—	b	b	b	X
		C →	C	C	C	X
			D →	D	D	X
				E →	E	X
					F →	X

Figura 3.1- Estruturas de produção definidas a partir do instante de chegada do pedido

Comparando os dois extremos, o ponto “A” e o ponto “F”, verifica-se que corresponde à transição de uma situação de alta variabilidade com *mix* de produção flexível, baixo volume e frequência de produção, e longos tempos de produção, para uma posição de estabilidade, com uma linha de produtos definida, *mix* de produção homogêneo, volume de produção elevado, tempos de reposição relativamente curtos e produção repetitiva. O casos representados pelos pontos “A”, “B” e “C” correspondem a empresas que competem com base na oferta de uma grande variedade de tipos de produtos, sendo que tipicamente utilizam um *lay-out* do tipo *job-shop* pela necessidade de tratar com pedidos específicos de clientes, que se repetem numa frequência baixa, ou são feitos uma única vez.

Na produção sob encomenda, a preocupação é prover um sistema suficientemente flexível para dar conta das características específicas dos diferentes pedidos que possam porventura surgir. Na maioria da vezes, máquinas universais são escolhidas e organizadas segundo um arranjo funcional, no qual os equipamentos ficam agrupados de acordo com a natureza do serviço que se propõem a fazer. A automação nesse ambiente tende a ser comparativamente pequena em função dos investimentos elevados relacionados à adoção de sistemas flexíveis de manufatura.

A figura 3.2 caracteriza as várias situações de produção, utilizando critérios como a natureza da linha de produtos, o *mix* de fabricação, os tempos totais de produção, o volume, o ritmo de produção e o provável arranjo físico dos recursos de produção[COSTA, 1996].

TIPO DE EMPRESA	LINHA DE PRODUTO	MIX DE PRODUÇÃO	TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO	VOLUME/RITMO DE PRODUÇÃO	ARRANJO FÍSICO	PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA
A "VENDEDOR DE PROJETO E CAPACIDADE"	ABERTA	ABERTO	MESES	MUITO BAIXO	FUNCIONAL	+++++
B "VENDEDOR DE CAPACIDADE (PRESTADOR DE SERVIÇO)"			MÊS			+++++
C "VENDEDOR DE GRANDE VARIEDADE DE TIPOS DE PRODUTOS"			SEMANAS	BAIXO		+++++
D "VENDEDOR DE UMA OU POUCAS FAMÍLIAS DE PRODUTOS"	FECHADA C/ POUCAS FAMÍLIAS	POUCO INSTÁVEL	SEMANA	ALTO	CELULAR	++++
E "VENDEDOR DE PRODUTOS CUSTOMIZADOS"			DIAS			+++
F "VENDEDOR DE PRODUTOS DE PRATELEIRA"			HORAS	MUITO ALTO		++

Figura 3.2 - Caracterização da produção sob encomenda

### 3.2- AMBIENTES FABRICANTES DE MOLDES (FERRAMENTARIAS)

Ferramentaria é o nome atribuído a empresas que trabalham na fabricação de ferramentas como molde de injeção de plástico, molde de injeção de metais, molde de extrusão, e outras ferramentas e dispositivos usados por grandes empresas de montagem de veículos, eletrodomésticos, e outros bens de consumo de forma seriada.

Conforme apresentado no item 3.1 deste trabalho, as ferramentarias se enquadram entre a representação dada pelo ponto "A" e "B", tendo como principal característica uma grande variedade de tipos de produtos, com pouca frequência de repetir um mesmo serviço, utilizando um *lay-out* funcional com máquinas universais.

A maioria das ferramentarias não recebem os projetos dos clientes, apenas recebem um desenho de produto, ou um protótipo do produto e são responsáveis por elaborar o projeto, ou

subcontratar o serviço de uma empresa especializada em projetos. Raramente o cliente fornece projeto, e quando fornece exige a flexibilidade de mudanças durante o processo, já que normalmente é um lançamento e necessita ser adequado ao longo do projeto.

Os altos custos envolvidos em manter uma área de projetos adaptada às novas exigências dos clientes (produtos com alto nível de complexidade nas superfícies gerados com sistemas CAD), onde os custos referentes a estações de trabalho para sistemas CAD/CAM, *softwares* e profissionais altamente capacitado, têm levado a grande maioria das empresas (ferramentaria) a buscarem uma solução de terceirização destes serviços.

As ferramentarias, conforme descrito acima, são um tipo de empresa que trabalham com produção sob encomenda, e freqüentemente tem porte menor que o seus clientes. É comum, um item fora-de-série ser produzido por uma ferramentaria para compor, mais tarde, um projeto de maior dimensão na esfera de atuação do cliente. Nessa situação, o projeto para o qual o item foi encomendado, envolve usualmente investimentos bem mais significativos que o próprio custo do item em questão.

Nesses mercados de massa, os custos de lançamento (produção e marketing) de um produto são usualmente enormes, dados os volumes envolvidos e a importância estratégica do processo de introdução de novos produtos para a competitividade da empresa. Quando se leva em conta estritamente o desenvolvimento das ferramentas para o novo produto, o custo envolvido é relativamente pequeno, já que estas ferramentas são desenvolvidas apenas uma vez, enquanto o automóvel ou o eletrodoméstico é fabricado aos milhares[COSTA, 1996].

Relacionado a esta constatação, o mercado de bens e serviços, feitos sob encomenda específica de clientes, parece ser regulado por fatores outros que não apenas aqueles relacionados ao preço do produto.

A redução de custos de fabricação é certamente um objetivo a ser alcançado como forma de aumentar a produtividade e, em conseqüência, a lucratividade da empresa. Mas uma vez que os preços cotados estejam dentro de limites razoáveis, não é muito provável que uma empresa operando nesse tipo de mercado ganhe ou perca encomenda apenas em função de pequenas variações do preço orçado. Desta maneira, parece apropriado considerar o fator preço como um critério que qualifica um fornecedor para a concorrência, mas não necessariamente decide a obtenção de um novo pedido.

Por um raciocínio análogo, pode-se dizer que a qualidade e a rapidez de processamento são também fatores qualificadores na disputa desse mercado, entendendo-se qualidade aqui, mais pelo currículo ou capacitação da empresa do que qualquer outro aspecto.

Assim, fornecedores que são incapazes de fabricar produtos com padrões mínimos de qualidade (como também aqueles que produzem com tempos totais de fabricação mais longos que os admitidos pelo mercado), estão automaticamente fora da concorrência. É razoável supor que o cliente não arriscará o sucesso de um projeto de grande porte ou aceitará atrasá-lo, pela não conformidade ou longo tempo de entrega de um único componente. Muito mais provável é que o cliente, diante dessas possibilidades, simplesmente eleja outros fornecedores mais confiáveis.

A idéia proposta aqui é que enquanto aspectos como preço, rapidez de entrega e qualidade intrínseca do produto atuam nesse mercado como critérios qualificadores de um fornecedor, o que efetivamente funciona como o diferencial de competitividade num processo de concorrência é a confiança que tem o cliente na capacidade da empresa fornecedora cumprir seus compromissos em conformidade com os prazos, o orçamento e as especificações prometidas.

Além disso, como os produtos não são apenas novos para o fornecedor mas também freqüentemente o são para o próprio cliente, revisões nas especificações e prioridades são comuns, sendo desejável que a empresa fornecedora seja capaz de acomodar alterações nos produtos (flexibilidade de produto) e nos prazos (flexibilidade de entrega) quando solicitada.

Na prática, as evidências sugerem que consideradas duas empresas capazes de produzir com preços dentro de limites razoáveis, padrões de qualidade e tempo total de processamento conforme o admitido pelo mercado, então um cliente típico tenderá a colocar o seu pedido na firma em que mais confia que entregará a sua encomenda no prazo estipulado, em conformidade com a sua especificação, dentro do orçamento combinado e que, além disso, seja ainda flexível o suficiente para negociar mudanças nas especificações, quando necessárias.

É fundamental, portanto, que as ferramentarias se organizem no sentido de atingir elevados índices de pontualidade de entregas e conformidade às especificações. Orientando os seus recursos e funções nessa direção, o que fará a empresa estar mais preparada para ganhar mais clientes num mercado que está cada vez mais competitivo.

### 3.3- PCP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA

- Em um sistema produtivo, ao serem definidas suas metas e estratégias, se faz necessário formular planos para atingi-las, administrar os recursos humanos e físicos com base nestes planos, direcionar a ação dos recursos humanos sobre os físicos e acompanhar esta ação permitindo a correção de prováveis desvios. No conjunto de funções dos sistemas de produção, estas atividades são desenvolvidas pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) [TUBINO, 1997].

No sistema de produção de uma ferramentaria o planejamento e controle da produção é complexo por causa do número de variáveis envolvidas. Existe, geralmente, um alto nível de variabilidade com respeito aos roteamentos e tempos de processo. Esta situação dificulta prever como o trabalho será distribuído entre os vários grupos de máquinas em qualquer período de tempo. A natureza finita de recursos de manufatura inevitavelmente cria conflitos de prioridades de entrega, que se tornam ainda mais difíceis com eventos não previstos, como a quebra de máquinas, absenteísmo, atrasos na entrega de materiais e componentes etc. Existem, normalmente, severas flutuações a curto e médio prazo na demanda da fábrica devido aos fornecimentos errôneos dos prazos aos clientes.

- Uma consequência geral é que os *lead-times* (intervalo de tempo necessário para a execução de uma atividade) de manufatura são geralmente longos e não confiáveis, já que somente uma pequena proporção é devida ao tempo real de processamento. A credibilidade em atingir as datas de entregas estipuladas é de grande valor para o cliente, pois permitem que se façam planejamentos futuros baseados na data estipulada, com confiabilidade [SUCOMINE e RESENDE, 1996].

Normalmente a estrutura de produção dentro de uma empresa fabricante de produtos sob encomenda ( ferramentaria) está distribuída da seguinte forma [NUNES e outros, 1996]:

- negócio: produtos sob encomenda;
- variedade dos produtos: muito grande (cada pedido, normalmente um produto diferente ou mais);
- frequência de produção: não/pouco repetitiva, com lotes freqüentemente unitários;
- natureza da demanda: contra pedido (a partir do pedido do cliente);
- composição do produto: produzido pela transformação de materiais a serem beneficiados através de usinagem, tratados e montados utilizando um número grande de insumos característicos de cada produto final.



- após a chegada do pedido: elaboração do projeto, definição do processo, compras, fabricação, tratamento, testes e expedição;
- fluxo de produção: várias etapas, item acabado produzido a partir de “n” componentes fabricados.

O PCP deve ser exercido nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção. São eles: nível estratégico, nível tático e nível operacional. A figura 3.3 apresenta a visão geral das atividades do PCP [TUBINO, 1997].

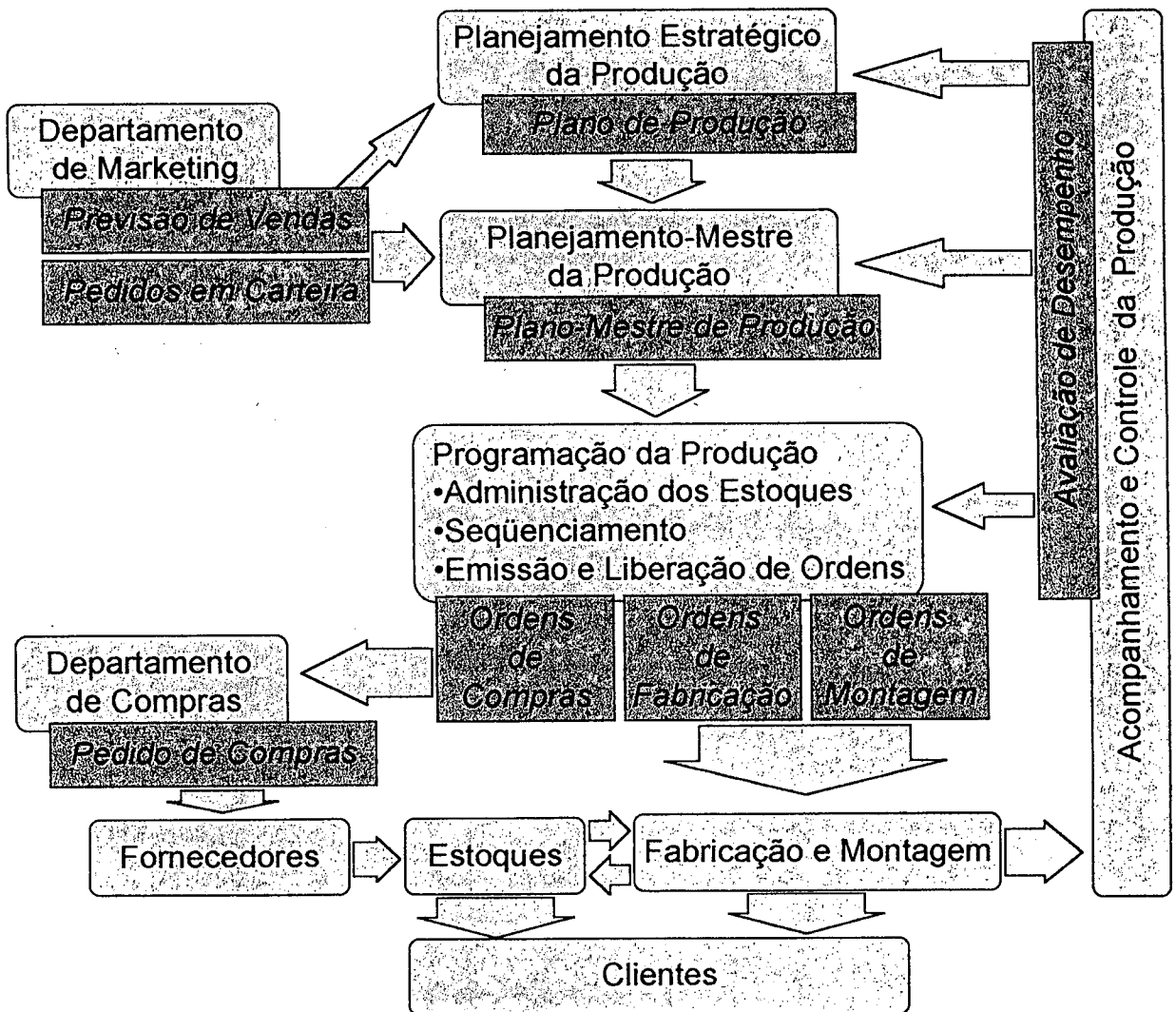


Figura 3.3- Visão geral das atividades do PCP.

No nível estratégico são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa. Neste nível é que são tomadas as decisões de compra de equipamentos, aumento do número de horas disponíveis através de contratações de recursos humanos, implementação de novas

tecnologias para atuar em outra fatia do mercado, definição do tipo de produto que será oferecido (como exemplo: moldes de injeção de plásticos, moldes de sopro para plásticos, moldes de injeção de alumínio e outros). Estas informações são encaminhadas ao PCP para elaboração do planejamento estratégico de produção, que permite a montagem de um plano de produção com valores agregados de previsão de demanda. O horizonte usualmente adotado para este nível é de um ano.

No nível tático são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção. O PCP desenvolve o planejamento-mestre de produção e através deste é obtido o plano-mestre de produção (PMP). O PMP equaciona a capacidade produtiva observando dados como: número de turnos, recursos humanos, horas disponíveis e informa a programação de fábrica.

No nível operacional são preparados os programas de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento dos mesmos. O PCP prepara a programação de produção administrando o sequenciamento, emitindo e liberando as ordens de compras (OC), ordens de serviço (OS) e ordens de montagem (OM). Neste nível também é executado o acompanhamento e controle da produção.

As informações dentro destes três níveis devem estar consolidadas, ou seja o plano-mestre de produção gerado pelo planejamento-mestre da produção só será viável se estiver compatível com as decisões tomadas a longo prazo, previstas no planejamento estratégico da produção, como a aquisição de equipamentos, negociação com fornecedores etc. Da mesma forma, a programação de fabricação de determinado componente será efetivada de forma eficiente se a capacidade produtiva do setor responsável pela mesma tiver sido equacionada no planejamento-mestre da produção, com a definição do número de turnos, recursos humanos e materiais alocados etc [TUBINO, 1997].

A seguir será feita uma breve descrição das atividades desenvolvidas pelo PCP dentro de um ambiente de ferramentaria.

Planejamento estratégico da produção: consiste em estabelecer um plano de produção para determinado período (geralmente definido em um ano) segundo a disponibilidade de recursos financeiros e produtivos. No caso de uma ferramentaria, a estimativa de vendas é feita baseada em históricos e metas atribuídas à equipe de vendas ou mesmo aos representantes. Serve para prever os tipos de moldes (por exemplo moldes de até 2 toneladas, ou 5 toneladas) e quantidades de horas que se espera vender no horizonte de planejamento estabelecido. A capacidade de produção é o fator físico limitante do processo produtivo, e pode ser incrementada ou reduzida, desde que

planejada a tempo, pela adição de recursos financeiros. No planejamento estratégico da produção o plano de produção gerado é pouco detalhado, normalmente trabalha com tipos de produtos, tendo como finalidade possibilitar a adequação dos recursos produtivos à demanda esperada dos mesmos.

Planejamento-mestre da produção: quando a situação é produção seriada, este consiste em estabelecer um plano-mestre de produção (PMP) de produtos finais, detalhado no médio prazo, período a período, a partir do plano de produção, com base nas previsões de vendas de médio prazo ou nos pedidos em carteira já confirmados. Num ambiente de ferramentaria a situação se torna mais complexa para se estabelecer qual produto será vendido e quantas peças ou conjunto este terá. Cada pedido fechado normalmente é único e deverá ser projetado para então ser fabricado. No caso de ferramentaria o planejamento-mestre da produção só pode ser elaborado mediante os pedidos em carteira. Dependendo do tipo de empresa, e da situação do mercado, o horizonte de trabalho esta entre 60 a 120 dias de pedidos assumidos. A partir da definição do cliente o plano de produção considera famílias de produtos, o PMP especifica itens finais que fazem parte destas famílias. A partir do estabelecimento do PMP, o sistema produtivo passa a assumir compromissos de fabricação e montagem do bem. Ao executar o planejamento-mestre da produção e gerar um PMP inicial, o PCP deve analisá-lo quanto às necessidades de recursos produtivos com a finalidade de identificar possíveis gargalos que possam inviabilizar este plano quando da sua execução no curto prazo. Identificados os potenciais problemas, e tomadas as medidas preventivas necessárias, o planejamento deve ser refeito até chegar-se a um PMP viável.

Programação da produção: com base no PMP, a programação da produção estabelece no curto prazo quanto e quando comprar, fabricar ou montar de cada item necessário à composição dos produtos finais. Para tanto, são dimensionadas e emitidas ordens de compra para os itens comprados, ordens de fabricação para os itens fabricados internamente, e ordens de montagem para as submontagens intermediárias e montagem final dos produtos definidos no PMP. Em função da disponibilidade dos recursos produtivos, a programação da produção se encarrega de fazer o sequenciamento das ordens emitidas, de forma a otimizar a utilização dos recursos. No caso de ferramentarias o plano de produção deve providenciar os recursos necessários, e o PMP equaciona os gargalos, para diminuir as chance de ocorrer problemas na execução do programa de produção sequenciado. Na ferramentaria o sistema de produção empregado normalmente é empurrado, ou seja a programação da produção enviará as ordens a todos os setores responsáveis (empurrando).

Acompanhamento e controle da produção: o acompanhamento e controle da produção, através da coleta e análise dos dados, busca garantir que o programa de produção emitido seja executado a contento. Quanto mais rápidos os problemas forem identificados, mais efetivas serão as medidas corretivas visando o cumprimento do programa de produção. Além das informações de produção úteis ao PCP, o acompanhamento e controle da produção normalmente está encarregado de coletar dados (índices de defeitos, horas/máquinas e horas/homens consumidas, consumo de materiais, índices de quebras de máquinas etc) para outros setores do sistema produtivo.

### **3.4- DIFICULDADES DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS COMERCIAIS EM FERRAMENTARIAS**

#### **3.4.1- O MRP II em um ambiente de ferramentaria**

O MRP II é um aperfeiçoamento do MRP sendo denominado como um sistema de planejamento e controle de materiais e produção em malha fechada. Inclui não apenas conceitos de planejamento de materiais, mas de planejamento de recursos da produção e malhas de realimentação que reportam os resultados reais contra os planos previstos. O MRP II fornece mecanismos para checar os planos de materiais contra os recursos de fábrica e para identificar áreas com problemas enquanto o plano de produção é executado. O MRP II usa o MRP como base, mas vai além provendo as necessárias malhas de controle para monitorar e controlar o plano de produção [LAWRENCE, 1987].

O MRP II consiste de vários módulos integrados, sendo que cada um tem uma função específica, como descrição abaixo [PALOMINO, 1996]:

- planejamento da produção: é usado para desenvolver um plano de produção, estratégico para o plano mestre, baseado nos planos estratégicos do negócio.
- programação mestre da produção (MPS): é baseado no plano de produção, previsão de vendas, níveis de estoques de produtos acabados. Baseado nestes elementos o MPS projeta os requisitos de produção para um período de tempo, o número de peças por item específico e os níveis de estoques a serem mantidos. Nesta etapa, o plano é checado em termos de capacidade de produção, por um mecanismo chamado *rough-cut capacity planning*.
- planejamento dos requisitos de material (MRP): desenvolve os requisitos de compras e produção dos componentes/peças, baseado no MPS, produtos da lista de material e estado

atual de estoque. Os requisitos para peças manufaturadas desenvolvidos pelo MRP são dirigidos para o subsistema planejamento da capacidade, o qual os direciona para o controle de chão de fábrica. Os requisitos para compra de peças são dirigidos para os subsistemas de compras. O MRP é o coração do sistema.

- controle de inventário: este subsistema fornece o estado do inventário atual para o MRP e informações da disponibilidade de componentes para o controle de chão de fábrica antes de prover a liberação de ordem.
- planejamento de capacidade: conhecido como CRP, usa os requisitos de peças para produção futura do MRP e libera informação da ordem de produção em processo para desenvolver um perfil de uso dos recursos de produção (máquinas, homens etc). Relatórios são produzidos mostrando o carregamento da produção projetada de um centro de trabalho versus a capacidade utilizando o conceito de capacidade infinita.
- controle de chão de fábrica: este subsistema desenvolve um programa de produção, fazendo o controle da ordem de produção liberada para o chão de fábrica e o acompanhamento do estado da ordem de produção. Em função da magnitude e complexidade dessas funções, este subsistema é particionado em módulos menores. Problemas na execução do plano de produção são realimentados para os subsistemas de planejamento.
- compras: os requisitos de compra de matéria-prima e peças desenvolvido no MRP é dirigido para o subsistema compras. Este módulo controla a liberação de ordens de compra, acompanha o estudo da ordem de compra e fornece informações do desempenho do fornecedor. Problemas encontrados na programação de compras são realimentados para o módulos de planejamento.
- relatórios de performance: este subsistema normalmente consiste de diversas funções, incluindo relatórios de utilização e eficiência, de custos, qualidade, e desempenho da programação da produção. Este módulo é alimentado por informações do controle de chão de fábrica e controle de inventário.
- base de dados de engenharia: este módulo armazena informações usadas em vários subsistemas do MRP II. O sistema CAD fornecerá a definição de produtos do MRP através do arquivo da lista de materiais, o CAM fornecerá informações do roteamento de processos e operações usadas no CRP e controle de chão de fábrica, sendo que o controle de inventário e compras utiliza as informações mantidas por este subsistema.

Os sistemas MRP II quando aplicados em um ambiente de ferramentaria não trazem bons resultados, por utilizarem capacidade infinita deixam muito a desejar como um programador de chão de fábrica, mas é válido e útil como uma base de informações para a empresa.

A filosofia MRP II enfatiza o objetivo estratégico de redução de custos e melhoria da eficiência via o planejamento e controle dos estoques e a integração por computador das várias atividades da empresa. Considerando que a posição competitiva da empresa está associada a sua capacidade de produzir com baixo custo, o MRP II gera um plano capaz de definir que os materiais sejam adquiridos ou fabricados para estarem disponíveis na hora em que efetivamente serão usados. Desta forma, evitam-se os custos operacionais e financeiros decorrentes da manutenção de estoques desnecessários [COSTA, 1996].

A dificuldade do uso desta filosofia em ambientes de produção sob encomenda (ferramentarias) é que as datas dos pedidos são consideradas como dado de entrada na lógica de planejamento, mas a pontualidade da entrega não é enfatizada como primeiro objetivo estratégico. Ou seja, embora a programação seja feita tomando-se as datas de entrega prometidas aos clientes e subtraindo-se destas os tempos necessários para a produção ou compra dos vários itens, alguns procedimentos básicos para garantir a entrega não são considerados [COSTA, 1996].

Neste sistema, não há a preocupação de planejar realística e antecipadamente o nível de capacidade necessário para o processamento da carteira de pedidos, no curto prazo. Além disso, os tempos de produção dos itens são considerados dados de entrada do sistema, como se fossem atributos dos próprios itens e pudessem ser estimados com base no comportamento médio dos centros de trabalho.

Este raciocínio propõem que os grandes problemas de capacidade já devem estar resolvidos por análises prévias de médio e longo prazo no momento da programação de chão de fábrica, e que os tempos de fila podem ser estimados com pequena margem de erro, se o ambiente de produção é estável e o carregamento dos vários centros de trabalho ao longo do horizonte de planejamento é homogêneo.

Para um ambiente de produção repetitiva estas premissas são válidas, porém num ambiente de produção sob encomenda, estas são fracas, já que existem diferentes tipos de produtos e quantidades variadas a serem fabricados, com roteiros de fabricação distintos. Nessas situações, o fluxo de processamento não é estável nem tampouco homogêneo. Esta variabilidade faz com que os tempos de fila decorram do carregamento global e instantâneo da planta, não

havendo uma estabilidade nos níveis de estoque em processo que permita identificar um processamento típico nos centros de trabalho.

A variabilidade intrínseca ao contexto de produção sob encomenda e a estimativa antecipada dos tempos de produção de itens (um requisito imposto pela lógica de cálculo MRP) resultam em erros, nas quais os planos gerados pelo MRP tendem a se distanciar da realidade e precisam ser administrados no chão de fábrica. O grande número de hipóteses de sequenciamento, antecipações, hora-extra, subcontratação de tarefas, dentre outras possíveis ações gerenciais, tem que ser avaliado para compatibilizar o nível de carga com a capacidade real, transferindo a sobrecarga entre os centros de trabalho disponíveis.

Esta tarefa torna a ação do gerente do processo muito penosa e quando o volume desses ajustes é muito grande, a utilização desse mecanismo manual fica praticamente inviável, transformando a tomada de decisão num fato intuitivo, sem avaliações consistentes de custo-benefício.

Portanto, a combinação das técnicas de programação pela “data mais tarde” e planejamento com “capacidade infinita” utilizada pelo MRP, expõe a grande risco os objetivos que são estratégicos na produção sob encomenda, e tende a sobrecarregar o chão de fábrica com uma grande carga de decisões diárias de sequenciamento e ajustes de capacidade.

### **3.4.2- O JIT em um ambiente de ferramentaria**

O *Just-In-Time* (produção no tempo certo) compreende o melhoramento da produtividade e a qualidade total, através da valorização e do respeito dos recursos humanos da empresa, e assim pode-se centrar esforços na solução da eliminação dos desperdícios e perdas. A filosofia de trabalho do JIT conta com o envolvimento e comprometimento dos recursos humanos, buscando a eliminação de tudo que não agrega valor ao produto ou serviço, visto que os seus objetivos fundamentais são a qualidade e a flexibilidade do processo [TEIXEIRA, 1996].

O JIT está embasado em preceitos que são a produção com o mínimo de estoques, a eliminação de desperdícios (não agregam valor ao produto), manutenção de um fluxo contínuo de produção e a busca do aperfeiçoamento contínuo. Outros objetivos que podem ser citados são a redução do tempo de passagem das peças, redução dos tempos de preparação, facilidade de controle do chão de fábrica e a simplificação do planejamento da produção e de materiais. O JIT encara o estoque como um paleativo aos problemas.

A aplicação de sistemas JIT, mais especificamente da técnica *kanban* é voltada para um ambiente de manufatura repetitiva, não se adequando ao ambiente de produtos sob encomenda, ou seja, uma ferramentaria.

A tecnologia JIT não inclui explicitamente entre seus objetivos estratégicos, a meta de pontualidade. O JIT tem como ideal, produzir o item certo na quantidade certa e no tempo certo, buscando uma redução de custos e não como uma estratégia de pontualidade. Em termos filosóficos, as diferenças mais expressivas em relação à logística do MRP relacionam-se à associação desse objetivo (baixo custo) e a meta de responder com rapidez e quantidade aos movimentos do mercado valorizando-se a simplicidade e a racionalidade.

O JIT propõe um amplo redesenho do sistema de produção de modo a instaurar um fluxo contínuo de processamento no qual os materiais são comprados ou preparados apenas no tempo certo para o seu aproveitamento. Entre as ferramentas abordadas do JIT, aquelas que devem ser destacadas são: o nivelamento da produção, a estruturação de um *lay-out* celular e o acionamento da produção por *kanban*.

O nivelamento é uma tentativa de homogeneizar o fluxo de materiais na fábrica suavizando-se o programa de trabalho da linha de montagem final. Como a montagem final “puxa” todas as demais linhas de suprimento a sua programação é a única ordem de produção existente no JIT. Tudo na fábrica se estrutura em torno desse programa mestre sendo, portanto, necessário que ele possa permanecer estável por um certo período de tempo (semana, mês ...).

A organização celular baseia-se na idéia de que, estando os recursos de produção dedicados à fabricação de uma certa família de produtos, é possível tirar proveito de muitas das vantagens da produção seriada, como por exemplo, a economia de tempos ligados à movimentação de materiais e preparação de máquinas, à simplificação dos controles, à utilização de mão-de-obra multifuncional e o melhoramento contínuo, pelo aprendizado, padronização e especialização.

Por fim, o acionamento por *kanban* parte do princípio de que “puxando” a produção fica estabelecido um fluxo estável e balanceado que garante a manutenção dos estoques em processo no nível planejado. Essa lógica, entretanto, pressupõe que cada estágio seja capaz de reagir com rapidez ao comando do estágio subsequente. Para isso, são em geral mantidos estoques de semi-acabados entre estágios consecutivos visando reduzir o tempo de resposta a um valor mínimo [COSTA, 19996].



Embora essas e outras idéias do JIT venham sendo usadas com sucesso por empresas do mundo inteiro (especialmente em situações de produção repetitiva), nas situações onde a empresa compete com base em variabilidade e a produção é pouco repetitiva, há dificuldades expressivas para a organização do sistema de produção nos termos citados. A perspectiva de contar com um programa mestre estável é, fora de questão, pela dinâmica da produção sob encomenda.

A abordagem celular quando adotada para a fabricação de uma grande diversidade de tipos de produtos, feitos esporadicamente, faz com que os investimentos necessários sejam elevados (pois cada tipo de produto requererá um conjunto de recursos dedicados) e a relação custo-benefício desses investimentos tenderá a ser muito alta, já que estando dedicados à fabricação de produtos que pouco se repetem ao longo do tempo, os recursos ficarão subutilizados com ociosidades expressivas.

Além disso, a baixa repetitividade faz com que a manutenção de estoques de semi-acabados nos estágios intermediários de fabricação se torne por demais arriscada e onerosa. A alternativa seria não manter esses estoques e se organizar para responder rápido.

### **3.4.3- O OPT em um ambiente de ferramentaria**

A técnica OPT abrange o planejamento e a programação da produção, e para tanto, parte da hipótese básica de que o objetivo principal da empresa é ganhar dinheiro, e que a manufatura contribui com esses objetivos através de três elementos: fluxo de materiais, estoques e despesas operacionais, ou seja, dinheiro gasto para transformar estoque em fluxo. A OPT supõe que para a empresa ganhar mais dinheiro, é necessário que a nível de fábrica se aumente o fluxo e reduzam-se também estoques e despesas [CORRÊA, 1993], usando a tática de abordagem dos gargalos de produção. O gargalo de produção é o recurso em que a demanda imposta sobre ele é maior que sua capacidade de processamento, enquanto que os demais recursos da manufatura suportam a mesma demanda em termos de capacidade. Desta maneira, uma hora perdida no gargalo significa uma hora perdida por todo sistema produtivo. A OPT possui dez enunciados básicos [MELLO, 1994].

- 1- Balancear o fluxo e não a capacidade;
- 2- A utilização de um recurso não gargalo, não é determinada por sua disponibilidade, mas por alguma outra restrição do sistema;
- 3- Utilização e ativação de um recurso não são sinônimos;

- 4- Uma hora ganha em um recurso gargalo é uma hora ganha para o sistema como um todo;
- 5- Uma hora ganha em um recurso não gargalo não é nada, apenas miragem;
- 6- O lote de transferência pode não ser, e não deveria ser, igual ao lote de processamento;
- 7- O lote de processamento deve ser variável e não fixo;
- 8- Os gargalos não só determinam o fluxo do sistema como também determinam seus estoques;
- 9- A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente. O *lead-time* é resultado da programação e não pode ser assumido a priori;
- 10- A soma dos ótimos locais não implica no ótimo do sistema.

Levando em conta estes enunciados, a OPT busca a ocupação de 100% do recurso gargalo e ocupa os demais como consequência da ocupação do gargalo. A OPT realiza o planejamento e a programação considerando simultaneamente a disponibilidade de recursos e materiais, sendo considerado por alguns autores mais completo que o MRP II .

O planejamento se inicia com os gargalos, ocupando a carga disponível da melhor maneira possível. Após a programação dos gargalos, é feita uma programação para trás abrangendo os recursos posicionados antes dos recursos gargalo no fluxo de produção, e uma programação para frente, para os recursos posicionados depois os gargalos.

O conceito filosófico da OPT é em geral apresentado com base em medidas de performance financeira. Nesse contexto, o JIT se estrutura em torno das idéias de redução de custos e aumento da taxa de retorno financeiro e o OPT enfatiza, concomitantemente, a meta de aumentar a receita, tratando de explorar ao máximo as restrições de capacidade do sistema para aumentar ou proteger o volume de vendas.

A noção de pontualidade não é ainda considerada explicitamente como o principal objetivo estratégico do OPT embora, diferentemente do MRP, grande ênfase seja colocada na geração de programas de fábrica que sejam factíveis diante dos limites de capacidade existentes.

A identificação de quais centros são “gargalos” é feita pelo OPT por uma lógica semelhante a utilizada nos sistemas MRP para avaliar a carga alocada em cada recurso. Essa lógica de cálculo (carga versus capacidade) demonstra com clareza como a noção de “gargalo” do OPT está diretamente vinculada ao objetivo filosófico de aumentar ou garantir o volume de vendas. Há uma associação direta com a vazão do sistema. Numa analogia hidráulica, o “gargalo” OPT seria a menor seção da tubulação, a restrição para o eventual aumento da vazão.

Embora bastante consistente e adequada em situações de produção nas quais os produtos e o *mix* de produção são relativamente estáveis, a visão OPT tem aplicabilidade questionável naqueles ambientes de produção por encomenda (ferramentaria) onde a variabilidade é grande e a repetitividade é baixa.

A visão “hidráulica” do processo de produção é, por exemplo, uma noção claramente de fluxo e portanto é tão mais útil quanto mais contínuo for o sistema. Se, porém, o ambiente de produção é de tal forma inconstante que não há um fluxo de materiais propriamente dito, mas sim uma movimentação irregular, esporádica, dos itens através da planta, pode ser muito enganosa a utilização de um modelo contínuo para representar um problema cuja natureza é intrinsecamente discreta .

Em lugar de um “gargalo” precisamente identificado, o que se encontra são vários gargalos que se movem pela planta em função do *mix* de produtos que está sendo fabricado.

A conclusão é que os gargalos podem se mover instantaneamente em função do *mix* em vigor e, até mesmo, em função pura e simplesmente das prioridades de processamento adotadas. Em função disso, é mais correto ver a noção de “gargalo” não de uma forma absoluta, mas sim à luz de um objetivo estratégico selecionado.

Assim, se o objetivo estratégico é pontualidade, “gargalos” devem ser vistos como as restrições ao alcance desse objetivo. E freqüentemente o que restringe a entrega pontual de um pedido não é o recurso de maior utilização na planta, mas sim os recursos que (mesmo não sendo os gargalos de capacidade dos sistema) retêm em filas ocasionais as operações que estão no caminho crítico de uma certa ordem de serviço. Por conseguinte, nesses casos, a noção de “gargalo” deve se deslocar da idéia de criticidade dos recursos para a noção de criticidade das operações, semelhante e considerada pelo PERT.

Entendidos dentro dessa perspectiva de pontualidade, os “gargalos” tendem a variar conforme o pedido e o processo de fabricação dos produtos. Isto é, cada pedido tem o seu próprio caminho crítico que, por sua vez, pode envolver um conjunto de recursos produtivos totalmente diverso daquele que é crítico para um outro pedido. Na prática, isso significa que se uma grande variedade de tipos de produtos está sendo fabricada simultaneamente concorrendo pelos mesmos recursos de produção, então tenderá a haver uma profusão de “gargalos” no sistema, dificultando a implementação efetiva da logística OPT [COSTA, 1996].

### 3.4.4- O PERT em um ambiente de ferramentaria

O PERT (*program evaluation review technique*) é um método surgido nos anos de 50 e está tradicionalmente ligado ao planejamento de grandes projetos de natureza não estritamente fabril (exemplos na construção civil, naval, programas aeroespaciais e outros). A situação clássica considerada é aquela em que um grande projeto monopoliza a utilização dos recursos de produção que estão disponíveis ao longo de um intervalo de tempo significativo e determinado.

Quase que por definição, a parte mais expressiva de um projeto refere-se a coisas novas, ou específicas, que nunca foram feitas. Portanto a definição de um plano ou programa de produção tem em geral alto grau de incerteza. O tempo necessário para realizar as atividades, a relação de interdependência entre elas e os recursos necessários para fazê-las são todos dados, em princípio, incertos.

O ciclo básico de análise de um projeto, segundo a abordagem PERT feita por *Wild*, está dividido em duas fases [COSTA, 1996].

Fase I: Construção e avaliação da rede de planejamento

- 1- Construir um diagrama (rede de planejamento) para representar o projeto a ser desenvolvido indicando a seqüência e as relações de precedência entre as suas atividades;
- 2- Determinar a duração de cada atividade e inserir esses dados na rede;
- 3- Realizar os cálculos de avaliação da rede determinando a duração total do projeto e a criticidade das várias operações (datas mais cedo e mais tarde para início e fim);
- 4- Se a data prevista para encerramento do projeto for mais tarde que a esperada, avaliar a possibilidade de modificação da rede ou a redução da duração das atividades para que o projeto seja entregue pontualmente;

Fase II: Avaliação e nivelamento da capacidade

- 5- Avaliar o nível de utilização (eficiência) de recursos verificando se a rede de atividades é viável do ponto de vista de capacidade;
- 6- Caso haja problemas de capacidade, buscar soluções relacionadas a ampliação da capacidade (contratação de mais recursos, horas-extras, subcontratação) ou resolver o conflito atrasando as atividades menos prioritárias.

A rede PERT permite representar com mais precisão as flexibilidades de processo produtivo, comparada com os sistemas MRP e OPT .

Diferente das tecnologias abordadas, em termos filosóficos, o PERT privilegia como objetivos estratégicos os aspectos relativos ao tempo, como pontualidade e rapidez.

Em geral, está em jogo a produção de um único grande projeto que utiliza todos os recursos disponíveis, não considerando outros projetos concorrentes (simultâneos) aos mesmos recursos. Esta situação faz com que dificulte a aplicação deste método no ambiente sob encomenda (ferramentaria).

Com efeito, numa situação de concorrência, na qual vários serviços competem pelos mesmos recursos, as retenções em filas a espera de processamento podem alterar a criticidade das várias operações. Isto é, operações que tinham folga para processamento podem se tornar mais críticas que originalmente estavam no caminho crítico do projeto, em função de sua baixa prioridade em relação a outros serviços.

Outra dificuldade para o uso do PERT na produção sob encomenda refere-se a lógica do nivelamento que é, de algum modo, semelhante à utilizada pelo MRP. Ou seja, planeja-se com capacidade infinita e ajusta-se a capacidade num momento posterior.

Essa coincidência de abordagem faz com que o PERT encontre algumas das dificuldades experimentadas pelo MRP para tratar situações nas quais um conjunto variado de tipos de produtos e ou projetos concorre por recursos escassos de produção. Em tais circunstâncias, o sequenciamento de atividades e a gestão da capacidade no curto prazo são questões centrais, não questões periféricas que possam ser resolvidas através de um procedimento de ajuste final da solução global previamente definida.

A variedade de tipos de produtos traz também dificuldades para a representação do processo produtivo, via rede de precedências do projeto, como sugerido pela abordagem PERT. De fato, embora conceitualmente seja mais rica que a modelagem convencional MRP e OPT, a multiplicidade e variedade de projetos (produtos) existente na produção sob encomenda torna precária a idéia de representar a flexibilidade do processo de fabricação, item a item, na própria descrição do roteiro de produção. De fato, no ritmo e pressões do dia-a-dia do chão de fábrica, essa informação não está em geral disponível e o custo para obtê-la no tempo que seria necessário não é, em geral, considerado compensador.

Além desses aspectos conceituais, o PERT enfrenta também uma dificuldade “cultural” para a sua utilização na indústria. Com efeito, tendo sido concebido para o planejamento de grandes projetos, os sistemas computacionais PERT incorporam a visão, a modelagem e o vocabulário de gestão de projetos, mas não assimilam bem a cultura fabril propriamente dita.

Em suma, o PERT oferece recursos para o gerenciamento de redes de atividades mas o faz, em geral, sem considerar explicitamente os limites de capacidade e a concorrência entre diferentes projetos, e de modo não integrado às funções clássicas de planejamento da manufatura, tais como controle de estoques, planejamento das necessidades de material e capacidade, e acionamento e controle do chão de fábrica entre outros

### 3.5- SISTEMAS OFERTADOS NO BRASIL

No sentido de suprir estas deficiências apontadas no gerenciamento do PCP em ambientes de produção sob encomenda, vários fornecedores de *softwares* disponibilizaram sistemas dentro da lógica de PFCP.

Em levantamento recente feito por CORREA e PEDROSO [1996] existem mais de 90 sistemas computacionais com conceitos do PFCP, produzidos em diferentes lugares do mundo e disponíveis para uso comercial. Entre os principais tem-se:

- *Factor*: produto da *Factrol, Inc. West Lafayette*, EUA;
- *Schedulex*: produto da *Numetrix Limited*, Ontario, Canadá;
- *Leitstand FI-2*: produto da *IDS*, Alemanha;
- *AHP - Leitstand*: produto da *AHP Havermann & Partner*, Alemanha;
- *Auto-Sched*: produto da *Auto Simulations*, Utah, EUA;
- *MOOPI*: produto do *Berclain Group Inc.*, Quebec, Canadá;
- *Rythm*: produto da *I2 Technologies*, Dallas, EUA;
- *MPSwin*: produto da *Bridgeware Inc.*, Hayward, CA, EUA;
- *Goal System*: produto da *Goal Systems Inc.*, New Heaven, EUA;
- *Infor*: produto da *Infor GmbH*, Alemanha;
- *CA-Quick response engine*: produto da *Computer Associates Int.*, NY, EUA;
- *PaceMaker*: produto da *Paragon Management Systems Inc.*, CA, EUA;
- *Response Agent*: produto da *Red Pepper Software Co.*, San Mateo, CA, EUA;
- *Fact*: produto da *Fact Inc.*, EUA;
- *Resonance*: produto da *Orissa International*, CA, EUA;
- *MicroPlanner*: produto da *Micro Planning Int.*, San Francisco, EUA;
- *Metashop*: produto da *Metatron Corp.*, Beaverton, EUA;

- *Jobbing*: produto do Instituto Nacional de Tecnologia, Brasil
- *Preactor*: produto da *Systems Modeling Corp*, Inglaterra.

Para apresentar o funcionamento dos sistemas de PFCP e suas características técnicas, abaixo serão descritos 3 sistemas. Foram considerados os mais aplicados no mercado brasileiro.

### 3.5.1- Sistema AHP Leitstand

O AHP *leitstand* é um sistema proveniente da Alemanha, e foi um dos primeiros a estar disponível no Brasil [MELLO, 1994] [BREMER e outros, 1992].

Este sistema apresenta as seguintes características:

- processo de produção: o processo de produção de uma peça é uma entidade diferente da ordem de produção de um lote dessa peça. O que ocorre é um relacionamento entre a ordem e o roteiro de fabricação da peça a ser produzida. Pode ser modelado no processo um lote mínimo de transferência de uma operação para a seguinte sem a necessidade de se concluir o lote inteiro. Para cada operação é designado um grupo de máquinas capaz de executá-la. Os grupos de máquinas são agrupamentos lógicos dos recursos produtivos para facilitar a tarefa de programação. Um detalhe importante é que um recurso produtivo pode participar de dois grupos diferentes. Entre os recursos do mesmo grupo, o sistema considera que o tempo de preparação é o mesmo para qualquer recurso produtivo designado. O tempo de operação pode variar entre os recursos em função de um parâmetro de rendimento associado ao recurso, ou seja, desconsidera-se totalmente o aspecto tecnológico da operação.
- turno/regime de funcionamento do recurso produtivo: podem ser definidos vários padrões de regimes de funcionamento, como por exemplo turno da manhã, turno da tarde e turno da noite. Para cada padrão é definido um ciclo de tempo de dias, que caracteriza o ciclo de duração do regime. É modelado o regime de funcionamento para cada um dos dias do ciclo. Para cada recurso produtivo é associado um ou mais regimes de funcionamento, com uma data de início de validade e término de validade.
- recurso produtivo: não é admitido o processamento em paralelo de diferentes operações no mesmo recurso. Também não é modelado o operador do recurso.
- ordem de fabricação: a ordem é composta de diversas operações, no entanto não existe nenhuma informação no sistema sobre o pedido de cliente relacionado com a ordem de fabricação.

- plataforma: necessita de um microcomputador PC compatível com processador 486SX ou melhor, com no mínimo 8Mb de memória RAM, rodando sob o sistema operacional OS/2. Necessita de um monitor gráfico padrão VGA ou SVGA e opcionalmente outro monitor adicional padrão Hércules para o modo texto. Posteriormente foi lançada uma versão para rodar sob o MS-DOS mas que apresenta limitações em relação à versão para o OS/2.
- modularidade: o sistema é fornecido em módulos, sendo que o módulo básico permite a alocação manual e automática de operações. Outros módulos que podem ser anexados ao sistema e permitem por exemplo que a alocação automática busque a otimização dos tempos de preparação de máquina, que as operações de uma ordem sejam tratadas em bloco, para consultas a base de dados com linguagem SQL, etc.
- coleta de dados: recebe os dados através de arquivos texto formados no padrão ASC II. Periodicamente o sistema lê este arquivo texto e introduz os dados em sua base de dados. Não permite o envio de informações do PFCP para o chão de fábrica através dos coletores de dados.
- transporte: é impossível se associar um tempo de transporte entre operações do roteiro. No entanto, em função do roteiro associar um grupo de máquinas a execução da operação, trata-se de um tempo impreciso e aproximado.
- ferramentas: não considera a disponibilidade de ferramental necessário à execução das operações.
- disponibilidade de material: não verifica a disponibilidade do material a ser trabalhado, ele assume que a disponibilidade de material é responsabilidade do planejamento macro e portanto estará disponível.
- planejamento macro: a passagem de dados do PFCP para o planejamento macro e do planejamento macro para o PFCP é feita através da troca de arquivos texto. O AHP define o formato de uma série de arquivos texto para a troca de dados nos dois sentidos. É fornecido junto ao módulo básico do sistema programas que lêem estes arquivos de interface, exportados por um sistema de planejamento macro, e introduzem as informações na base de dados do PFCP. O AHP por sua vez exporta arquivos textos de interface para serem importados por sistemas de planejamento macro.
- sistema gerenciador de base de dados: utiliza um proprietário, que possibilita a integração com outros sistemas somente através da importação e exportação de arquivos de interface.



- função de programação automática: utiliza uma interface priorizando o atendimento dos prazos, prioridade da ordem e ocupação de carga de máquina disponível . Eventualmente outros módulos opcionais adicionados ao sistema podem alterar os objetivos do módulo básico de alocação automática, passando a considerar a redução dos tempos de preparação por exemplo.

### 3.5.2- Sistema FMS300 Graphischer Leitstand

O FMS300 *Graphischer Leitstand* é um *software* desenvolvido na Alemanha e é fornecido em módulos, conforme apresentado a seguir [MELLO, 1994]:

- FMS300-10: Administração da rede de coleta de dados e análise/relatórios de dados coletados e DNC.
- FMS300-20: Leitstand, recebe as informações do chão de fábrica através do FMS300-10.
- FMS300-40: Gerencia e controla estoque de ferramentas e dispositivos, auxilia na montagem de ferramentas, efetua o pré-set de ferramentas e associa ao programa CNC. Controla a vida útil de ferramentas baseado em informações de utilização provenientes do chão de fábrica (FMS300-10).
- FMS300-50: Controla o fluxo de materiais e ferramentas no chão de fábrica e coordena o sistema automático de transporte.

O FMS300 *Graphischer Leitstand* tem como características:

- processo de produção: o processo de produção de uma peça está associada à ordem de produção de um lote dessa peça. O relacionamento entre a ordem e o roteiro de fabricação padrão da peça deve ser feito antes de serem introduzidas as ordens na base de dados do sistema. Pode ser modelado no processo um lote mínimo de transferência de uma operação para a seguinte sem a necessidade de se concluir o lote inteiro. Para cada operação é designado um grupo de máquinas ou uma máquina específica capaz de executá-la. Não são considerados roteiros alternativos. Os grupos de máquinas são agrupamentos lógicos dos recursos produtivos para facilitar a tarefa de programação. Um detalhe importante é que um recurso não pode participar de dois grupos diferentes. O FMS300-20 não considera diferenças de tempo de preparação e operação entre diferentes máquinas. Ele considera que serão tempos próximos, e o algoritmo automático resolverá o problema sozinho quando chegar do chão de

fábrica a informação que determina se a operação foi feita em mais ou menos tempo que o esperado.

- turno/regime de funcionamento dos recursos produtivos: podem ser definidos vários padrões de regimes de funcionamento. Para cada padrão é definido um ciclo de tempo em dias, que caracteriza o ciclo de duração do regime. É modelado o regime de funcionamento para cada um dos dias do ciclo. Para cada recurso produtivo é associado um ou mais regimes de funcionamento, com uma data de início de validade e uma de término de validade.
- recurso produtivo: não é admitido o processamento em paralelo de diferentes operações no mesmo recurso. Também não é modelado o operador do recurso.
- ordem de fabricação: no FMS300-20 a ordem é composta de diversas operações. O pedido do cliente é relacionado diretamente com todas as respectivas ordens de fabricação.
- plataforma: necessita de uma estação de trabalho HP- Apollo série 9000, com no mínimo 32Mb de memória RAM, rodando sob o sistema operacional *unix*. Necessita de um monitor gráfico colorido de 20 polegadas com capacidade de 1024 cores diferentes.
- modularidade: o sistema FMS300 é fornecido em módulos, sendo que o FMS300-10 é base para todos os outros. O *leitstand* propriamente não é modular.
- coleta de dados: recebe os dados da coleta através do módulo FMS300-10. Permite o envio de informações do *leitstand* para o chão de fábrica através dos coletores de dados.
- transporte: é possível se associar um tempo de transporte entre operações do roteiro, e não entre recursos produtivos.
- ferramentas: o FMS300-20 considera a disponibilidade de ferramental necessário à execução das operações.
- disponibilidade de material: o FMS300-20 pode ou não verificar a disponibilidade do material a ser trabalhado, depende de como foi configurado.
- planejamento macro: a passagem de dados do *leitstand* para o planejamento macro e vice e versa é feita através da troca de arquivo texto.
- sistema gerenciador de base de dados: utiliza o *SGBD Relacional Ingres*, que possibilita a integração com outros sistemas diretamente através da base de dados e não só através da importação e exportação de arquivos de interface.
- função de programação automática: normalmente a cada implantação é adaptado ou desenvolvido um algoritmo específico para o caso.

### 3.5.3- Sistema PREACTOR 300

O *PREACTOR* é um *software* desenvolvido, divulgado e mantido pela *The Cimulation Centre LTD*, do Reino Unido (UK) e distribuído pela *Systems Modeling Corp.* (USA). O *Preactor* oferece uma família de produtos, que compreende os seguintes sistemas [LOUREIRO, 1997]:

- PR 200 (programação com uma restrição)
- PR 300 (programação com múltiplas restrições)
- PR 400 (algoritmo baseado em simulação)
- PR 500/ PR 600 (não lançados) integrado com o ARENA

Para fins deste trabalho serão citados somente dados e características do *Preactor PR 300*.

Características Técnicas do *Preactor 300*:

- plataforma: necessita de um microcomputador *PC* compatível com processador 486SX ou melhor, com no mínimo 8Mb de memória *RAM*.
- modularidade: o sistema não é fornecido em módulos, sendo que o módulo básico permite a alocação manual e automática de operações.
- coleta de dados: recebe os dados através de arquivos texto padrão ASC II. Periodicamente o sistema lê este arquivo texto e introduz os dados em sua base de dados. Não permite o envio de informações do PFP para o chão de fábrica através dos coletores de dados.
- transporte: é impossível se associar um tempo de transporte entre operações do roteiro. No entanto, em função do roteiro associar um grupo de máquinas à execução da operação, trata-se de um tempo impreciso e aproximado.
- ferramentas: não considera a disponibilidade de ferramental necessário à execução das operações.
- disponibilidade de material: não verifica a disponibilidade do material a ser trabalhado, ele assume que a disponibilidade de material é responsabilidade do planejamento macro e portanto estará disponível.
- planejamento macro: a passagem de dados do PFP para o planejamento macro e do planejamento macro para o PFP é feita através da troca de arquivos texto. O AHP define o formato de uma série de arquivos texto para a troca de dados nos dois sentidos. São fornecidos junto ao módulo básico do sistema programas que lêem estes arquivos de interface, exportados por um sistema de planejamento macro, e introduzem as informações na base de

dados do PFP. O AHP por sua vez exporta arquivos textos de interface para serem importados por sistemas de planejamento macro.

- sistema gerenciador de base de dados: utiliza um proprietário, que possibilita a integração com outros sistemas somente através da importação e exportação de arquivos de interface.
- função de programação automática: utiliza uma interface priorizando o atendimento dos prazos, prioridade da ordem e ocupação de carga de máquina disponível. Eventualmente outros módulos opcionais adicionados ao sistema podem alterar os objetivos do módulo básico de alocação automática, passando a considerar a redução dos tempos de preparação por exemplo.

O Capítulo 4 aborda o ambiente escolhido para implementar o modelo de PFCP desenvolvido. Os níveis do PCP, a integração das planilhas ao modelo, os resultados obtidos e as dificuldades encontradas.

## CAPÍTULO 4 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO PFCP EM UM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA

### 4.1- AMBIENTE DA EMPRESA (FERRAMENTARIA)

O local escolhido para aplicação de um exemplo de Planejamento Fino e Controle da Produção em ambiente de produção sob encomenda, enfatizando o uso ainda pouco comum numa ferramentaria é o Centro de Mecânica de Precisão de Joinville - CMPJ, um centro de tecnologia voltado ao apoio das empresas da região. O CMPJ mesmo tendo como mantenedora uma entidade filantrópica e sem fins lucrativos, a Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC, foi criado em 1990, com o objetivo de gerar tecnologia na área de projetos, fabricação e controle dimensional para produtos de precisão, e com uma grande particularidade de gerar seus próprios recursos financeiros para manutenção de todas as suas despesas e ainda com metas de investimentos.

Diante destes objetivos o CMPJ, desde a sua inauguração vem buscando ganhar competência na área de fabricação de ferramentas, moldes, dispositivos de controles e peças especiais na área de mecânica de precisão. Com o passar dos anos através de grandes investimentos na área de projetos, com a compra de *softwares* de CAE, CAD/CAM, e CAV (verificação da usinagem) e ainda a compra de máquinas CNC's, pôde criar um ambiente de alta tecnologia capaz de oferecer serviços de extrema complexidade, levando em conta a qualidade, custos e principalmente buscando aprimoramento para honrar prazos com seus clientes.

Com o passar dos anos, o CMPJ conseguiu provar sua competência e conquistar clientes dos mais renomados do país, sendo os principais montadoras de veículos, eletrodomésticos, fornecedores de autopeças entre outros. Este prestígio levou o centro a estar entre os fabricantes de moldes (ferramentarias) mais conceituados do Brasil.

Esta reputação tem deixado a administração do Centro preocupada, já que a cada instante tem chegado novos desafios, exigindo que se tenha garantia assegurada de seus prazos em projetos de lançamentos de destaques nacionais. A preocupação com a lucratividade do centro para trazer novas tecnologias e subsidiar outras áreas em desenvolvimento está diretamente ligada a implantação de um sistema que busque entre outros benefícios a garantia de prazos de entrega com os clientes, para que estes cada vez mais estejam seguros com uma solução tecnológica a

nível de Brasil, não necessitando aumentar suas despesas na compra de um ferramental no exterior.

Acredita-se que para a sobrevivência do CMPJ, este deva passar por uma reestruturação no que diz respeito ao fluxo das informações dos produtos em processamento.

O CMPJ atua principalmente na fabricação de moldes de injeção de plásticos e alumínio, variando seus tamanhos de 300 kg a 2000 kg, com um grande valor tecnológico agregado em função de uma boa infra estrutura disponível.

A comercialização dos moldes se dá por meio de publicações em revistas e jornais especializados, participações em feiras, indicações de outros clientes, e um representante na região sul do Brasil.

Os clientes normalmente buscam no CMPJ a solução para um trabalho com certa dificuldade, o que limita a concorrência na região, porém é comum ter como concorrente uma ferramentaria da Europa ou uma conceituada ferramentaria do Brasil. A grande maioria dos clientes solicitam seus orçamentos apresentando apenas um arquivo num disco, fita *dat* ou até mesmo enviam através de um arquivo direto da matriz (Europa, EUA, etc.) através da Internet ou envio via *Fax/Modem*.

O CMPJ possui outras áreas de atuação dedicadas a prestação de serviços educacionais as quais não serão tratadas aqui neste trabalho. Para a atuação na área de fabricação de moldes (ferramentaria) este atua com 34 funcionários dedicados a esta atividade sendo distribuídos em três áreas: projetos, usinagem e metrologia.

Atualmente o CMPJ recebe dados através da rede implantada na SOCIESC, no último ano, de um sistema de MRP II (*Magnus - DATASUL*), sendo que os módulos implantados são rh, compras, fluxo de caixa, faturamento, patrimônio, contas a receber, contas a pagar, contabilidade, obrigações fiscais e estoque.

Internamente no CMPJ desenvolveu-se um sistema de custos alimentado pelos módulos do *Magnus*, que informa as receitas provenientes de serviços e as despesas provenientes das contas de:

- salário e encargos sociais
  - salários
  - encargos sociais
  - estagiários

- treinamento
- depreciação e conservação
  - depreciação
  - conservação de máquinas e equipamentos
  - conservação de edificações e instalações
  - despesas com veículos
  - seguros
  - segurança
- tarifas públicas
  - energia elétrica
  - água
  - telefone
- matéria-prima e material de consumo
  - matéria-prima
  - material de consumo
  - fretes e carretos
  - industrialização por terceiros
- outras despesas
  - viagens
  - anúncios e publicações
  - assinatura de revistas
  - despesas bancárias
  - comissões sobre vendas
  - despesas diversas
  - serviços de profissionais

Este sistema dividiu as áreas em centros de trabalhos, sendo cada máquina ou bancada de ajustagem na área de usinagem, cada computador na área de projetos ou função dentro da área de metrologia.

Para tratar estes dados, o CMPJ possui duas áreas de apoio designada de comercial e PCP.

#### 4.1.1- Área comercial e PCP

A área comercial tem as seguintes funções:

- a) fazer contatos com os clientes;
- b) elaborar orçamentos;
- c) fazer previsões de faturamento no curto prazo e longo prazo;
- d) negociar prazos com os clientes;
- e) controlar os orçamentos emitidos versus aprovados;
- f) administrar o desempenho do representante comercial.

A área de PCP tem as seguintes funções:

- a) efetuar a compra de materiais com apoio da área de compras e suprimentos da SOCIESC;
- b) levantar o material requisitado e não entregue no prazo;
- c) supervisionar o recebimento dos materiais;
- d) levantar a capacidade de fabricação disponível;
- e) levantar os resultados (positivo/negativo) dos trabalhos concluídos;
- f) levantar o número de horas-extras do período;
- g) levantar o número de horas de retrabalho do período;
- h) levantar o andamento dos serviços em processamento;
- i) fazer o processo dos serviços;
- j) fazer a programação da produção (para cada posto de trabalho);
- k) reprogramar a produção;
- l) rastrear a situação das ordens de serviços em processo de fabricação;
- m) gerar relatórios de avaliação de desempenho das áreas, postos operativos e funcionários.

#### 4.1.2- Área de projetos

A área de projetos trabalha com 8 funcionários e possui uma estrutura totalmente informatizada, utilizando 7 centros de trabalhos (*workstation* e microcomputadores) com *softwares* de CAD, CAM, CAV (simulação de usinagem com auxílio do computador) e CAE. Todos as estações de trabalho estão integradas através de um sistema de rede (*Windows NT*) com



a área de usinagem e metrologia. Esta área disponibiliza um total de 800 horas de projetos para os clientes, podendo, dependendo da demanda, assumir serviços de outras ferramentarias ou até mesmo desenvolvimento de produtos para clientes.

A área de projetos é responsável por :

- a) elaborar os croquis para definição do orçamento;
- b) auxiliar no orçamento;
- c) definir prazo de entrega do projeto ao setor de PCP;
- d) desenvolver análise de CAE quando o produto for complexo;
- e) modelar o produto final a ser fabricado através do CAD;
- f) elaborar o anteprojeto para aprovação do cliente;
- g) discutir o anteprojeto com o cliente;
- h) elaborar o projeto final;
- i) gerar lista de compra de materiais;
- j) gerar os programas CNC através dos sistemas de CAM;
- k) simular todos os programas CNC's gerados para garantir o bom funcionamento nas máquinas;
- l) carregar os programas CNC's no sistema de redes;
- m) enviar formulário de processo ao PCP;
- n) esclarecer dúvidas durante o processo de fabricação;
- o) acompanhar o testes finais das ferramentas.

#### **4.1.3- Área de usinagem**

A área de usinagem dispõe de máquinas CNC's integradas com a área de projetos através da rede corporativa. Esta área possui 14 postos operativos, trabalhando 2 em 3 turnos, 2 em 2 turnos e os restantes em turno normal. Nesta área tem-se alocados 26 funcionários, sendo que um é o responsável por coordenar as atividades da área, e tem-se um total aproximado de 2900 horas disponíveis por mês.

A área de usinagem é responsável em:

- a) fabricar os serviços programados para a usinagem;
- b) solicitar intervenções da manutenção (interna/externa e corretiva/preventiva)
- c) solicitar programação de manutenção preventiva à área competente;
- d) implementar horas-extras quando necessárias;

- e) manter os dados de horas-extras atualizados;
- f) preencher os dados referentes às ordens de serviços;
- g) manter os sistemas atualizados;
- h) garantir o cumprimento da programação da produção.

#### **4.1.4- Área de metrologia**

A área de Metrologia atua com uma equipe de 9 funcionários, destes, 8 funcionários estão dedicados a serviços referentes a calibração de instrumentos e calibradores. Este tipo de trabalho fornecido não será abordado neste trabalho já que não está vinculado a área de ferramentaria.

Apenas um funcionário tem seu tempo dedicado à área de fabricação de moldes, e tem as seguintes responsabilidades:

- a) controlar os sistemas de rastreabilidade dos instrumentos de medição da área de usinagem;
- b) manter o sistema de rastreabilidade atualizado;
- c) controlar as peças que foram fabricadas e tem definido no processo o controle dimensional;
- d) controlar todos o eletrodos usinados, antes de serem utilizados na máquina de eletro-erosão;
- e) apoiar a usinagem, fornecendo dados balizadores na hora da montagem dos moldes;
- f) controlar todos os produtos resultantes dos testes dos moldes (try-out);
- g) emitir relatório dimensional do lote piloto fornecido ao cliente, quando o mesmo exigir;
- h) manter a implementação do sistema de qualidade da área de usinagem.

#### **4.2- DIFICULDADES ATUAIS DO PCP**

O PCP do CMPJ se depara com uma série de questões críticas. Algumas das mais expressivas referem-se a dificuldades de:

##### **a) Definir prazos:**

Conforme mencionado no capítulo 3, um fator de grande importância para o cliente nos dias de hoje é a definição de prazos. O cliente tem a necessidade de lançar seu produto antes que

o concorrente o faça, e para isto ele vai procurar um fornecedor que cumpra o cronograma por ele estabelecido.

Do ponto de vista do Centro, a dificuldade está em mensurar a quantidade de horas que já estão assumidas com os serviços que estão sendo fabricados no momento, e aqueles que já estão com pedidos em carteira. Outra dificuldade está quando um cliente especial (cliente que mantém continuidade de serviços) solicita um serviço do qual ele está precisando e não aceita uma resposta negativa. Esta situação leva a empresa a buscar uma solução através de atrasos negociados com outros clientes, ou aumento de sua capacidade de produção através de subcontratação, horas-extras, aumento de funcionários, compra de equipamentos entre outros. Os dados referentes à situação atual dos serviços necessitam estar bem precisos, para que a resposta ao cliente seja baseada numa realidade factível de realização.

#### **b) Orçar:**

O orçamento é o sucesso ou a falência da empresa. Um orçamento assumido junto a um cliente necessita ser cumprido, sendo que um erro neste serviço pode levar a grandes prejuízos, chegando dependendo do valor, a comprometer o planejamento estratégico do ano.

Alguns clientes, conforme já abordado, são empresas maiores que as ferramentarias, o que leva em determinadas situações a um verdadeiro leilão nos valores dos serviços. Se a situação a nível de ofertas de serviços é reduzida, novamente alguns clientes aproveitam a oportunidade para explorar seus fornecedores. A situação relatada, não cabe, quando estamos falando de parceiros, porém entre a política da empresa e a realidade existente verifica-se grandes diferenças. Normalmente o gerente responsável pela compra trabalha supervisionado por um orçamento que mede sua competência a medida que ele consiga reduzir suas despesas, e este resolve determinadas vezes arriscar com um fornecedor não tão confiável para economizar, e manter seu orçamento anual abaixo do previsto.

As ferramentarias normalmente nascem mediante um processo de tercerização de um setor da empresa (tendência mundial de fazer somente aquilo que é competência da empresa), escolhendo um funcionário com muita experiência que sai da empresa cliente no qual vinha trabalhando há muito tempo e abre a sua própria empresa. A situação de preparação desta pessoa nem sempre é um critério para definir esta oportunidade, o que leva à execução de orçamentos

não se considerando os reais custos envolvidos tais como depreciação, manutenção, horas-extras, impostos etc.

Outro problema encontrado está em não super dimensionar o orçamento, para que não ocorra o afastamento do cliente em função de preços muito fora dos praticados pelo mercado. Normalmente a função do orçamentista exige grande experiência na função, sendo que quando os valores orçados ultrapassam uma faixa estabelecida de valores, outras pessoas são envolvidas.

#### **c) Ajustar e controlar o nível de capacidade:**

Para que o CMPJ ajuste e controle o nível de capacidade, ele necessita ter dados atualizados a todo instante (sistemas de tempo real). Esta situação ideal traria dados importantes para ajuste e controle, já que as variáveis são muitas e a cada instante estão sendo alteradas. O maior índice de erro nestas previsões está nas peças que por alguma razão foram fabricadas fora da especificação do projeto, algo não adequado mas bastante comum quando se trabalha com produtos sob encomenda que normalmente estão sendo fabricados pela primeira vez.

Outros fatores que dificultam este trabalho são os materiais fora do especificado, acidentes de trabalho, ausência de funcionários, quebra de máquinas com manutenções não previstas, entre outras.

A importância destes dados são fundamentais para levantar os possíveis resultados positivos ou negativos de um centro de trabalho ou até mesmo de toda a empresa. Também são dados de extrema importância para elaboração de futuros orçamentos de serviços, pois traz históricos para serviços similares e levantamentos para compra de equipamentos, contratações, ou seja definir melhor o planejamento estratégico da produção.

#### **d) Disponibilizar materiais no curto prazo:**

O pequeno porte da empresa e seu reduzido poder de barganha em relação aos fornecedores e clientes (em geral de maior porte) cria uma situação instável em que o comprometimento dos fornecedores é difícil. O ideal seria que a função de suprimentos (compra de materiais) fosse uma continuação da fábrica, estabelecendo, com poucos parceiros, relações estáveis e duradouras.

Quando a empresa assume um prazo com o cliente, ela se responsabiliza em garantir o prazo, indiferente de atrasos ou não com seus fornecedores. O problema nesta situação passa também pela falta de preparo do fornecedor em garantir prazos e até mesmo a qualidade do material solicitado nas medidas exatas e características exigidas pelo cliente final (exemplos como dureza, certificado de garantia do material, medidas etc).

Determinadas soluções são encontradas buscando materiais de outros fornecedores com valores mais elevados para garantir a qualidade e prazos de entrega, diminuindo com isto a margem de contribuição (lucro) deste serviço.

Os clientes têm suas garantias de prazos amarradas a contratos com pagamentos de multas por atraso, forçando a empresa a despender de todos os artifícios para entrega nos prazos. A ferramentaria porém não tem o mesmo poder junto a seus fornecedores e a solução é prever a necessidade de material com antecedência.

#### **e) Programar:**

Programar as etapas de projetos, compra de materiais, fabricação, tratamentos superficiais, controle dimensional e testes (*try-out*) são o dia-a-dia de uma ferramentaria.

Uma ferramentaria que trabalha com um número disponível de 4000 horas mês, normalmente pode estar trabalhando com 4 ou 5 serviços em paralelo de grandes ferramentas (moldes, dispositivos etc). Levando em conta a base de 4 serviços, esta pode estar com um número de aproximadamente 160 itens gerando listas de compras, sendo fabricados simultaneamente, tratados e controlados. A cada instante uma peça está sendo fabricada em um determinado centro de trabalho e outras estão aguardando na fila. Cada item deve ter controlada sua programação para que na hora da montagem estes estejam disponíveis e não atrasem o processo para que na data acordada os mesmos sejam entregues e faturados. Não só o cumprimento dos prazos com os clientes são importantes, mas o faturamento na data programada é fundamental para o cumprimento dos pagamentos assumidos com os fornecedores e o pagamento dos salários dos funcionários.

A programação é fundamental já que deve coincidir com as datas de pagamentos de fornecedores, funcionários e outras contas (por exemplo energia elétrica, impostos, água e saneamento, manutenções etc).

#### **d) Reprogramar constantemente:**

Um processo de fabricação de um molde leva no mínimo 30 dias de fabricação (entre compra de material, projetos, fabricação e testes), podendo dependendo da dificuldade e tamanho chegar a mais de 180 dias.

A necessidade de reprogramar é algo impossível de não ser considerado já que o ganho ou a perda de alguns minutos em cada peça pode levar a valores bastante elevados em função do grande número de itens.

Eventos não previstos são também responsáveis pela reprogramação. Destes os principais são a quebra de máquinas, ausência de funcionários, atrasos de materiais, atrasos de ferramentas de corte, atrasos de serviços de tratamentos térmicos e outros. Não bastando a grande complexibilidade do ambiente, sujeito a erros de dimensionamentos de horas de fabricação (devido a normalmente serem fabricados pela primeira vez), ainda compete às ferramentarias administrar outras variáveis dependentes de outros fornecedores.

#### **e) Atividades do ambiente:**

As atividades num ambiente de ferramentaria são sempre regidas por um clima de ansiedade e tensão relativos ao sucesso ou não do projeto. A concepção do projeto pode levar a ferramentaria a ter prejuízos ou lucros, dependendo da maneira como foi elaborado. Todo o orçamento é baseado em croquis previamente estabelecidos que definem as principais características do produto final (por exemplo molde), caso estas características sejam alteradas significativamente poderá implicar em mais horas de fabricação, mais exigências na fabricação ou até mesmo a subcontratação de serviços especializados de terceiros.

#### **f) Manter as informações atualizadas sobre o processamento (rastrear):**

O cliente mantém um sistema de visitas (auditorias) aos fornecedores de produtos (neste caso ferramentarias) para se inteirar de como estão caminhando os trabalhos. Nesta etapa ele exige que sejam dadas informações atualizadas para que ele possa mensurar se o atendimento acontecerá no prazo. Ainda poderá solicitar mudanças no projeto durante o processo de

fabricação e a ferramentaria tem que estar preparada para responder aos questionamentos e até mesmo fornecer um cronograma dos eventos já ocorridos e os eventos futuros.

Também para assumir novos pedidos a ferramentaria necessita saber se os projetos em andamento estão dentro do prazo e se existe disponibilidade para aceitar novos pedidos.

#### **g) Avaliação de desempenho:**

Saber a quanto andam os resultados da ferramentaria é fator primordial para tomada de ações quanto aos pagamentos assumidos ou investimentos previstos. Estar com resultado negativo, implica que os trabalhos previstos naquele período não estão trazendo a lucratividade prevista, portanto é necessário reprogramar os gastos para não aumentar os prejuízos. Somente com um sistema de controle, fazendo o acompanhamento diário, é que pode ser previsto se um determinado serviço está sendo fabricado com mais tempo do que o previsto, ou se dentro do processo de fabricação ocorreram falhas e alguns componentes tiveram que ser fabricados novamente. Convencionalmente estes problemas só seriam observados após o término do serviço, não tendo mais o que fazer. A avaliação dos funcionários é outro fator que necessita ser acompanhado, somente com este acompanhamento é que os méritos podem ser aplicados.

### **4.3- MODELO ORGANIZACIONAL DO PCP PROPOSTO**

No caso específico do CMPJ foi proposto um modelo que atenda às particularidades do mesmo, no que diz respeito a visão e gestão da sua administração, sua infra-estrutura disponível, e, principalmente, levantando as expectativas dos clientes em relação aos serviços prestados e as informações solicitadas.

A figura 4.1 apresenta a estrutura do PFCP adotado, que leva em conta os três níveis de atuação do PCP abordados na seção 3.3 deste trabalho, sendo nível estratégico, tático e operacional.

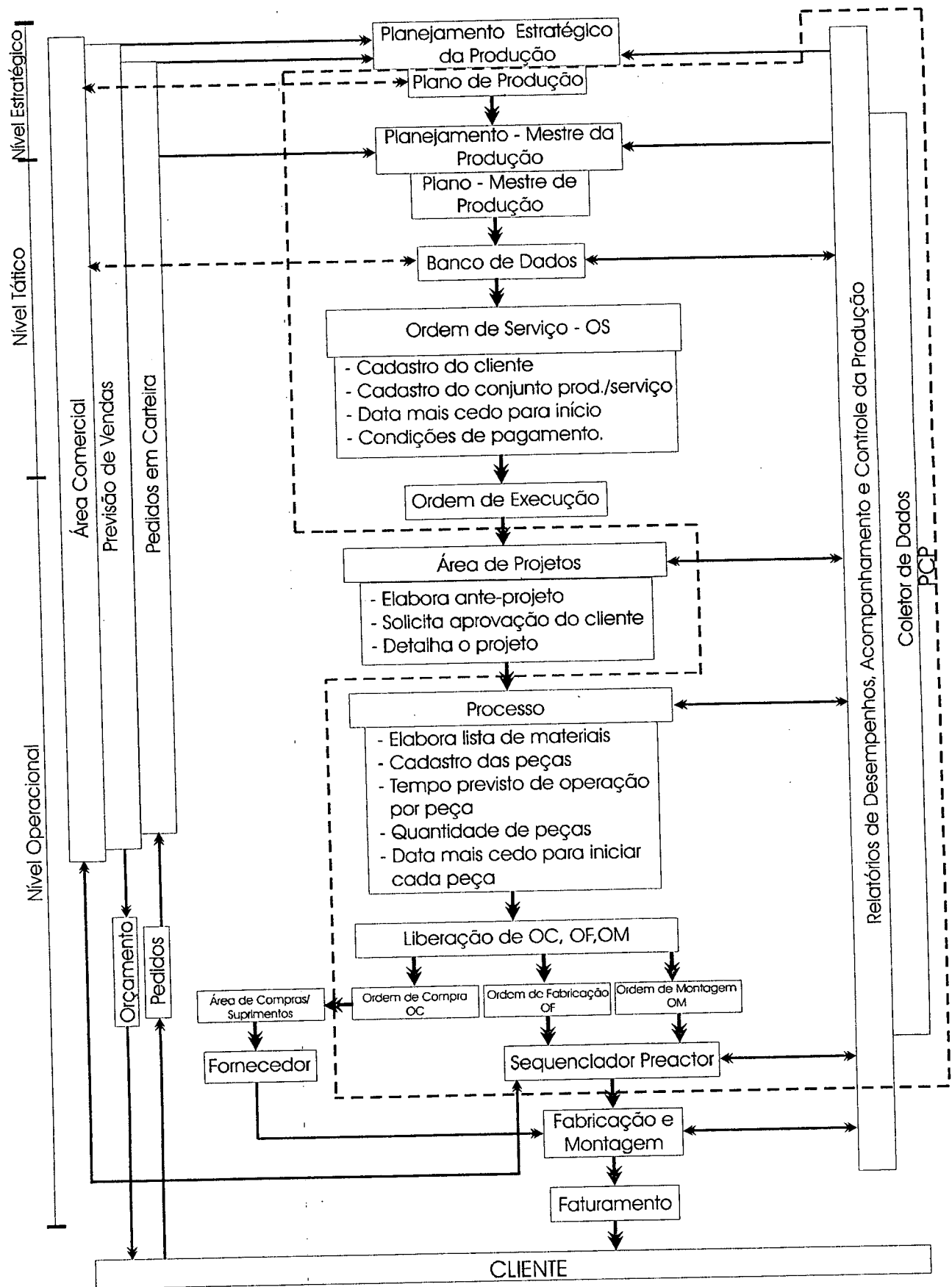


Figura 4.1- Modelo do sistema de PFCP implantado



No nível estratégico a diretoria da empresa estabelece o planejamento estratégico da produção com base nos dados provenientes da área comercial (previsão de vendas e pedidos em carteira) e da avaliação de desempenho e controle da produção. Nesta etapa são previstos os investimentos para as áreas, definidos a linha de produtos, a contratação de recursos humanos e o resultado esperado para o ano.

Mediante estas decisões o PCP estabelece a capacidade disponível (limitante ao potencial instalado) e traça o plano de produção. O horizonte de planejamento nesta etapa é de 1 ano, sendo normalmente de janeiro a dezembro.

A área comercial recebe informações do controle de produção para afinar os futuros orçamentos emitidos com base nos serviços similares já desenvolvidos e é responsável pelas tratativas com os clientes, composição de orçamentos, emissão de orçamentos, análise dos resultados dos orçamentos e previsões de faturamento. Com base no plano de produção anual são definidas as estratégias de vendas para aquele ano. Estratégias como publicações em revistas, participação em feiras, contratação de representantes em outros estados e visitas aos clientes atuais. A área comercial é responsável por gerar negócios para a empresa afim de contemplar o plano de produção previsto para o ano.

No nível tático o PCP define o planejamento-mestre da produção, obtendo o plano-mestre da produção. Nesta etapa existe uma particularidade em relação a empresas que trabalham com produção seriada e desenvolvem seu plano-mestre de produção baseado nas previsões de vendas e pedidos em carteira. No caso particular aqui tratado, o plano-mestre de produção é definido baseado nos pedidos em carteira somente, pois não se teria como prever o tipo de serviço e o material a ser comprado já que não trabalha com estoques e cada pedido de cliente é um projeto único, geralmente sem similar fabricado.

Baseado no plano-mestre de produção é carregado o banco de dados do sistema de PFCP, que elabora as ordens de serviços (OS), sendo que estas devem contemplar: cadastro do cliente, cadastro do conjunto (serviço), prazo de entrega, data mais cedo para iniciar o serviço e condições de pagamento para encaminhamento ao departamento financeiro após conclusão do serviço e contato técnico dentro da empresa com o cliente para tratativas com relação a dúvidas do produto em questão.

Neste nível também se têm os valores de horas já comprometidas com os clientes (vendas) e estes dados são fornecidos a área comercial. O horizonte de planejamento neste nível

é geralmente de 2 a 3 meses. Existem exceções quando um grande cliente fecha um pacote de serviços, nesta situação este horizonte pode chegar a mais de 120 dias.

No nível operacional a primeira medida tomada diz respeito à liberação da ordem de execução (OE) para área de projetos. Esta área estando com a OE tem seu prazo estabelecido para elaborar um anteprojeto e apresentar ao cliente para sua aprovação. Observa-se que até então não foram elaborados os processos de fabricação e as compras de materiais estão aguardando a lista proveniente da aprovação e detalhamento do projeto. Somente após aprovação do anteprojeto pelo cliente é que alguns materiais são comprados (normalmente são comprados os materiais que têm um prazo maior de entrega). Passada esta etapa, a área de projetos executa as alterações exigidas pelo cliente e executa o detalhamento das partes do projeto. Dependendo do serviço, poderá ser emitida mais de uma OE para a área de projetos, é o caso quando o produto necessita de uma análise de CAE ou, como geralmente, necessita de seu modelamento para futuro uso no sistema CAM.

A particularidade deste tipo de empresa fica evidente no que foi descrito acima. Até este momento as áreas de fabricação e montagem não têm oficialmente envolvimento com o serviço. Outro ponto crítico é que não foram emitidas até então a maioria das ordens de compras (OC). Este tipo característico de empresa faz com que a área de projetos esteja sempre trabalhando sob pressão e com exigência freqüente de horas extras, subcontratação de serviços e uma programação adequada.

Também fica evidente que a área comercial necessita estar afinada com o mercado para conseguir vender o serviço na época certa. Caso esta atrase em um fechamento de negócio, com certeza não terá como gerar outro negócio no prazo previsto, ou seja, uma lacuna criada dificilmente será recuperada.

Com o detalhamento do projeto, os desenhos de cada peça começam a chegar para serem cadastrados com as informações de quantidades de peças, tempo previsto de operação, data mais cedo para iniciar, máquinas, ferramentas, tratamentos, controle dimensional, ajustes, ou seja, todos os dados de processo.

Passada esta etapa são liberadas as ordens de compras que são enviadas aos fornecedores que têm normalmente um prazo acordado de entrega. Tem-se buscado firmar parcerias no sentido de ter prioridades nas entregas, pois um atraso nesta etapa pode provocar uma falta de serviço momentânea na fabricação e atrasos futuros na conclusão dos serviços.

Paralelo à liberação das ordens de compras também são liberadas as ordens de fabricação (OF) e ordens de montagem para o sistema de programação de produção, onde será feito o sequenciamento. Conforme ilustra a figura 4.1, este sequenciamento é feito com o uso de um sistema chamado *Preactor* que está integrado com o sistema de banco de dados e os coletores de dados. Estas ferramentas serão abordadas na próxima seção.

O sequenciamento é feito baseado nas prioridades definidas pelo PCP que após processado, atualiza o banco de dados para a emissão das OF e OM. O banco de dados tem definida a matrícula de cada operador e o posto operativo em que o mesmo atua. Cada operador necessita, para ter a liberação da OF/OM indicar a sua matrícula e com isso ele terá no terminal do coletor de dados qual a ordem que está liberada para execução naquele posto operativo. Terminada esta operação, este operador, necessita novamente acessar o coletor de dados para fechar a ordem e verificar qual a próxima ordem liberada. Caso ele tenha algum problema de manutenção no posto operativo, falta de material, ou problemas com os programas CNC's este introduz um código ao banco de dados, para que o *Preactor* seja informado. Esta metodologia garante que o sequenciamento esteja atualizado a todo tempo.

A fase seguinte refere-se ao acompanhamento e controle da produção e avaliação de desempenho. O *Preactor* fornece a situação das OF/OM mediante a emissão de gráficos de *gantt*, que são analisados objetivando a verificação de como estão caminhando os serviços e quais os pontos que necessitam ser equacionados para o atendimento dos prazos assumidos. Estes sistemas estão interligados via rede, desta forma a qualquer instante a área comercial pode atualizar seus dados e fornecer o *feedback* ao cliente e aos representantes quanto ao número de horas disponíveis para ser vendidas, ou ainda simular o prazo de entrega de uma nova cotação para registrar no orçamento ou já na hora da negociação com o cliente. A área comercial não está autorizada a alterar as prioridades dos serviços, sendo que quando ocorre a necessidade em função de alguma solicitação de clientes, este deve propor ao PCP para que o mesmo faça as simulações e analise os impactos. Neste nível a autonomia repassada ao PCP é limitada à alterações que não impliquem em mudanças no planejamento estratégico da produção. Caso exista uma situação (por exemplo um cliente querendo comprar o equivalente a 12 meses de serviços) a área de PCP e Comercial devem promover uma proposta para a direção, considerando o ganho previsto e os investimentos necessários e até mesmo os riscos da operação (dependendo somente de um cliente por um ano, ou abandonar o mercado por um ano), para que sejam tomadas as decisões a nível estratégico da empresa.

A obrigatoriedade de apontamento dos operadores nos coletores de dados faz com que o sistema esteja sempre atualizado, resultando na emissão de relatórios que são distribuídos para os três níveis da empresa. No item seguinte estes relatórios e as telas do sistema foram divididos em grupos e apresentados conforme sua função.

### 4.3.1- Telas do sistema

O sistema desenvolvido possui uma tela principal conforme mostra a figura 4.2. Esta tela está disponível em todas as áreas através da rede de computadores. Através desta o operador do sistema tem acesso, conforme seu nível de autorização, aos dados de clientes, setores, peças, máquinas, operadores, etc. Ao clicar uma das portas apresentadas na figura 4.2, o sistema abre formulários para armazenamento ou visualização de dados disponíveis ou novos dados.

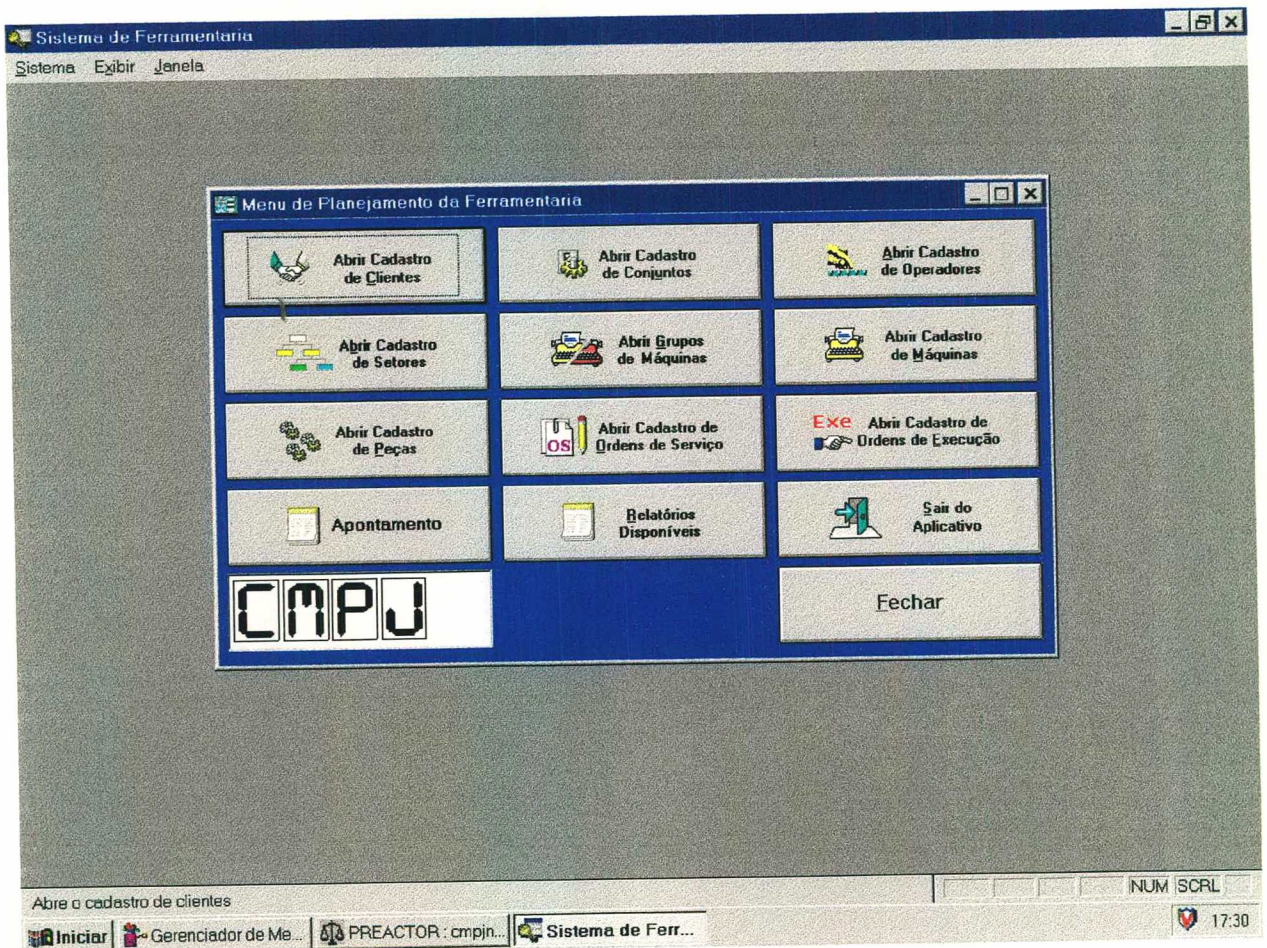
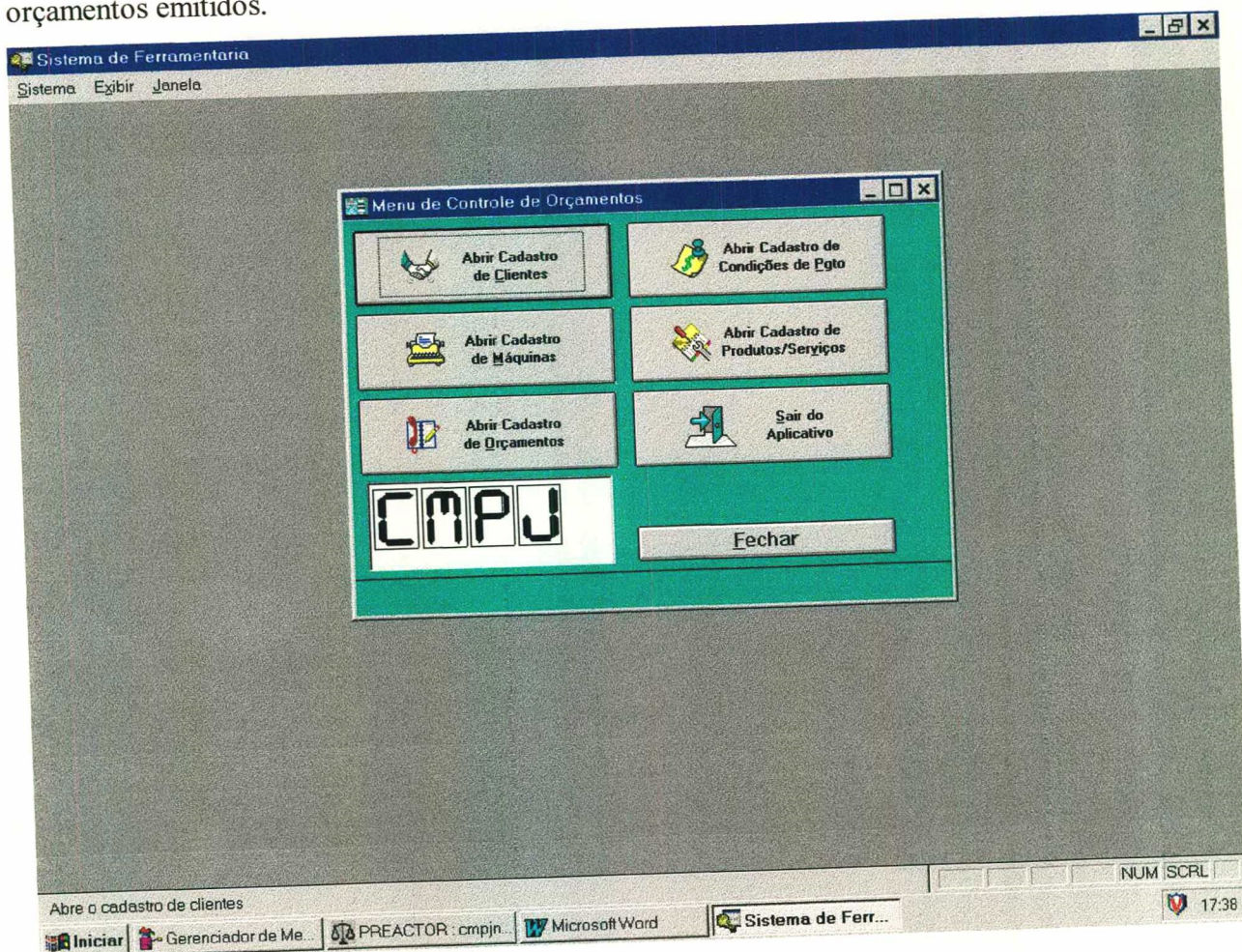


Figura 4.2- Tela principal do sistema

A figura 4.3 apresenta a tela utilizada para elaboração de orçamentos. Similar ao apresentado na figura 4.2, esta também possui cadastro de clientes e máquinas, onde estes dados, a partir do momento que são preenchidos uma primeira vez, são gravados para futuros trabalhos. O operador do sistema tem acesso a dados referentes a formas de pagamentos e cadastro de orçamentos emitidos.



**Figura 4.3-** Tela de controle de orçamentos

A figura 4.4 apresenta a tela de uma ordem de serviço (OS). Após aprovação do orçamento, o cliente envia um pedido de compra para oficialização do serviço a ser fornecido. De posse do pedido a OS é preenchida com dados do cliente. Estes dados são necessários para faturamento no término do serviço, ou até mesmo para que sejam sanadas dúvidas durante o processo de fabricação. Nesta OS, também são preenchidos os dados de início mais provável do serviço e prazo de entrega acordado com o cliente. A maioria dos dados exigidos na abertura da OS são importados automaticamente do módulo de cadastro de clientes, preenchido na hora do orçamento. Cada cliente possui um cadastro, que inclui todos os dados como exemplo razão

social, CGC, endereço, telefone, fax etc. Este cadastro quando pertencente a um cliente novo é encaminhado ao setor financeiro para que os mesmos efetuem uma pesquisa junto ao mercado para saber o grau de solidez da empresa cliente.

The screenshot displays a Windows-style application window titled "Sistema de Ferramentaria". Inside, there is a sub-window titled "Ordens de Serviço". The form contains the following data:

Ord. de Serv. ID:	3386	Data:	13-mar-97
Setor ID:	8	Setor:	P & M & U
Cliente ID:	5	Cliente:	METALÚRGICA WETZEL S.A.
Fone do Cliente:	(047) 433-4033	Fax do Cliente:	(047) 433-4033
CGC:	84.683.671/0001-94	Insc. Estadual:	250.005.972
Contato ID:	6	Contato:	Agenor Tomazelli
Setor do Contato:			
Fone do Contato:	(047) 433-4033	Ramal:	
Fax do Contato:	(047) 433-5788	Fax Ramal:	
Conjunto ID:	Cargaça M3		
Conjunto:	Molda de Injeção Cargaça M333/96		
Data-Cedo:	18/07/97	Data Necessidade:	30/08/97
Primeiro Plano:	Azul	Segundo Plano:	Rosa Escuro

Buttons: Excluir, Copiar, Ir Para

Status bar: Registro: 39 de 61

Figura 4.4- Tela de ordem de serviço - OS

Passada a etapa de aprovação do projeto desenvolvido para o cliente, a área de PCP é responsável em elaborar o processo de cada componente do serviço referente àquela OS. Cada componente recebe um número de ordem de execução (OE). A figura 4.5 mostra a OE número ID 632 da peça “elemento estável”. Através desta OE se torna possível rastrear esta peça durante todo o processo de fabricação, bem como verificar em tempo real o estado da OE, tais como liberada, bloqueada, executando, interrompida e terminada. Para cada ordem de execução o operador realiza o apontamento no coletor de dados, este informa diretamente o estado da OE.

Outra possibilidade é a alteração das prioridades das ordens de execução, podendo alterar a programação de acordo com a urgência da situação.

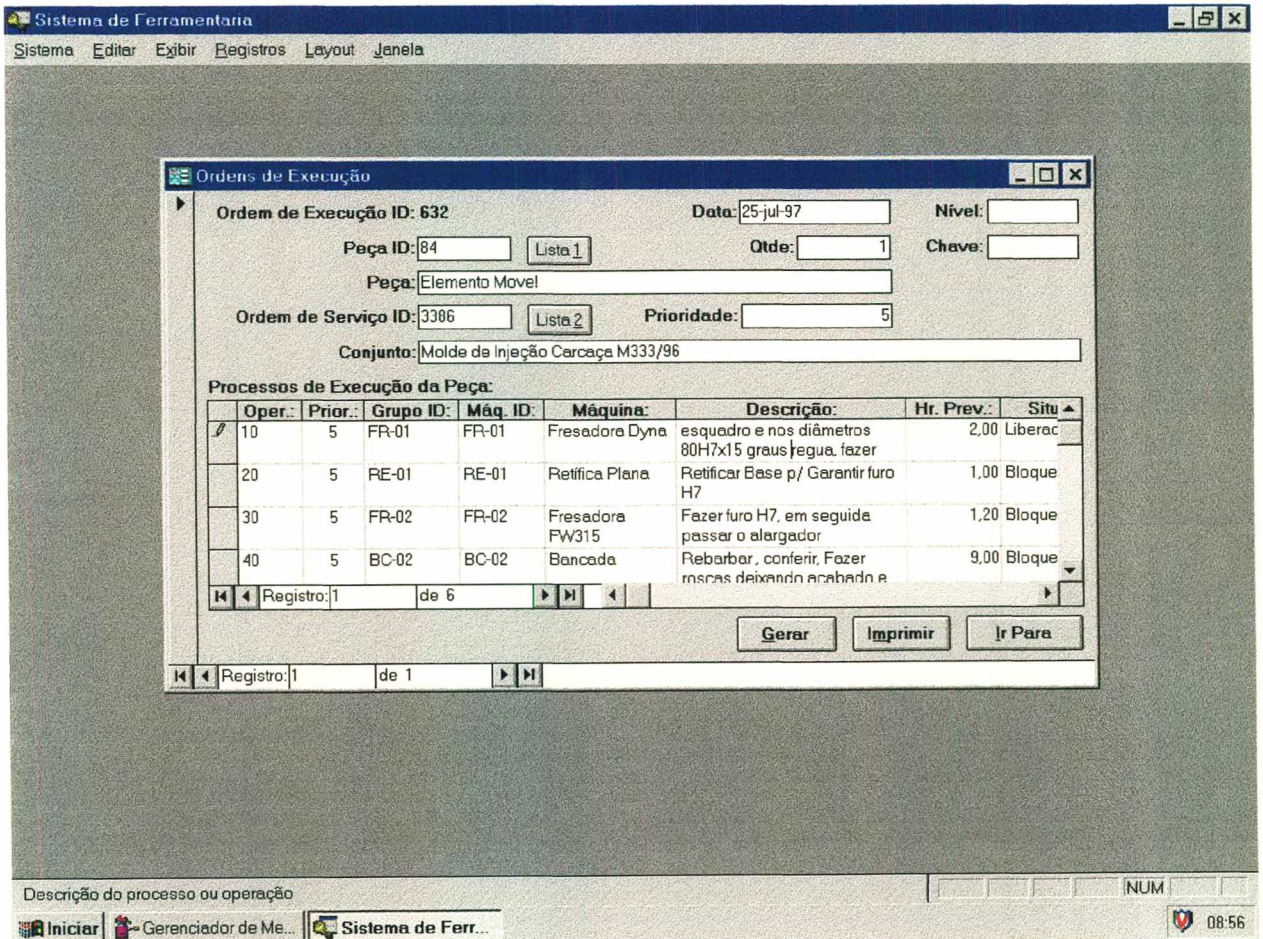
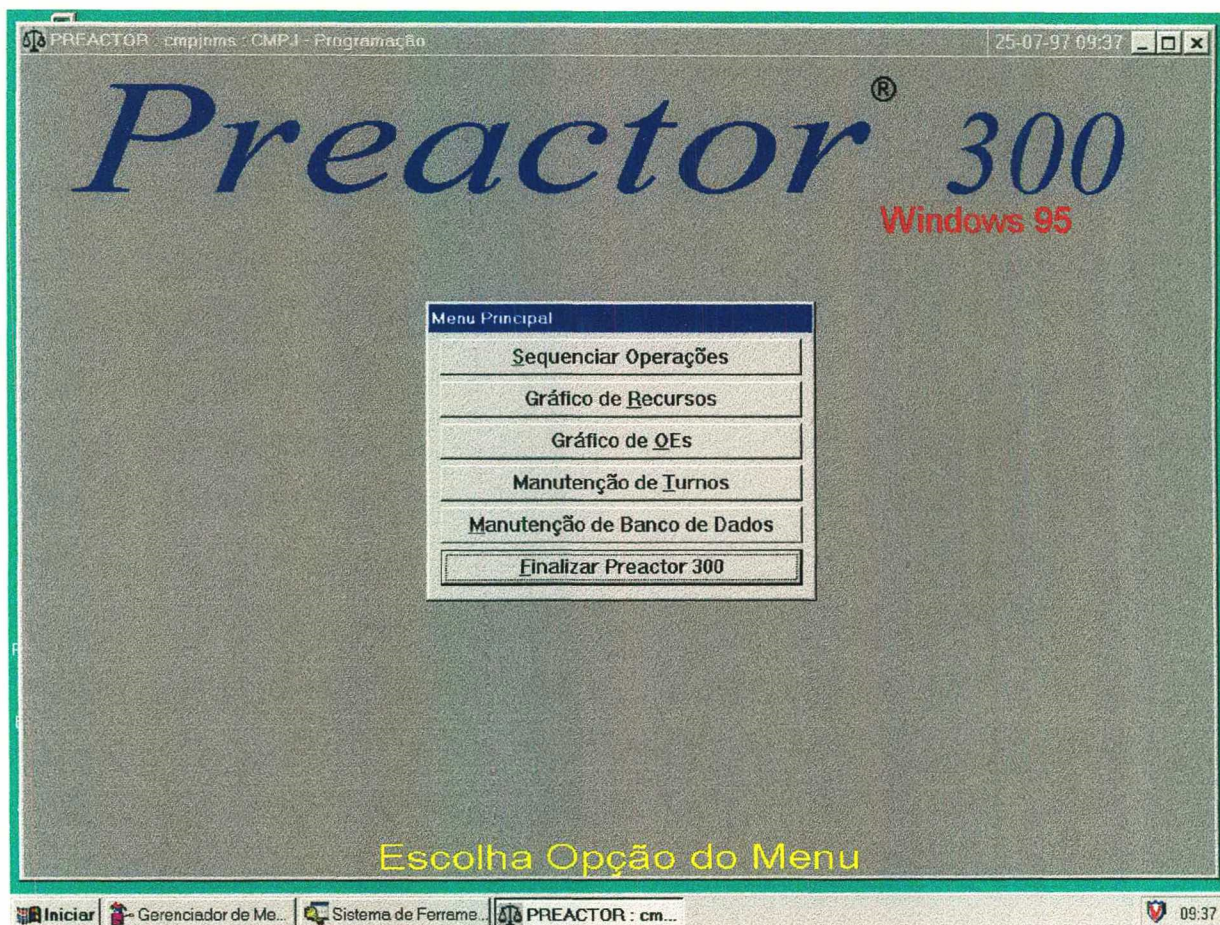


Figura 4.5- Tela de ordem de execução - OE

#### 4.3.2- Telas de apresentação do Preactor

A figura 4.6 apresenta a tela principal do software de sequenciamento *Preactor 300*. As informações provenientes do banco de dados alimentam continuamente o *Preactor* e este é responsável por gerar a programação das máquinas a cada instante que o operador solicite. A tela principal apresenta as possibilidades oferecidas ao programador, tais como: sequenciar operações, gráficos e recursos, manutenção de turnos etc.



**Figura 4.6- Tela principal do Preactor**

A figura 4.7 mostra as telas de turnos, nas quais o programador pode alterar os turnos de um dia específico e programar férias dos funcionários. Através desta é possível alterar a carga máquina para cada dia da semana, incluindo ou excluindo dias. O programador pode mudar turnos para cada centro de trabalho de acordo com a programação, ou ainda, permite informar para o sequenciamento e para o banco de dados o estado de cada centro de trabalho, como exemplo: fora de turno, turno parado, manutenção programada, hora extra, intervalo, troca de turno e férias.



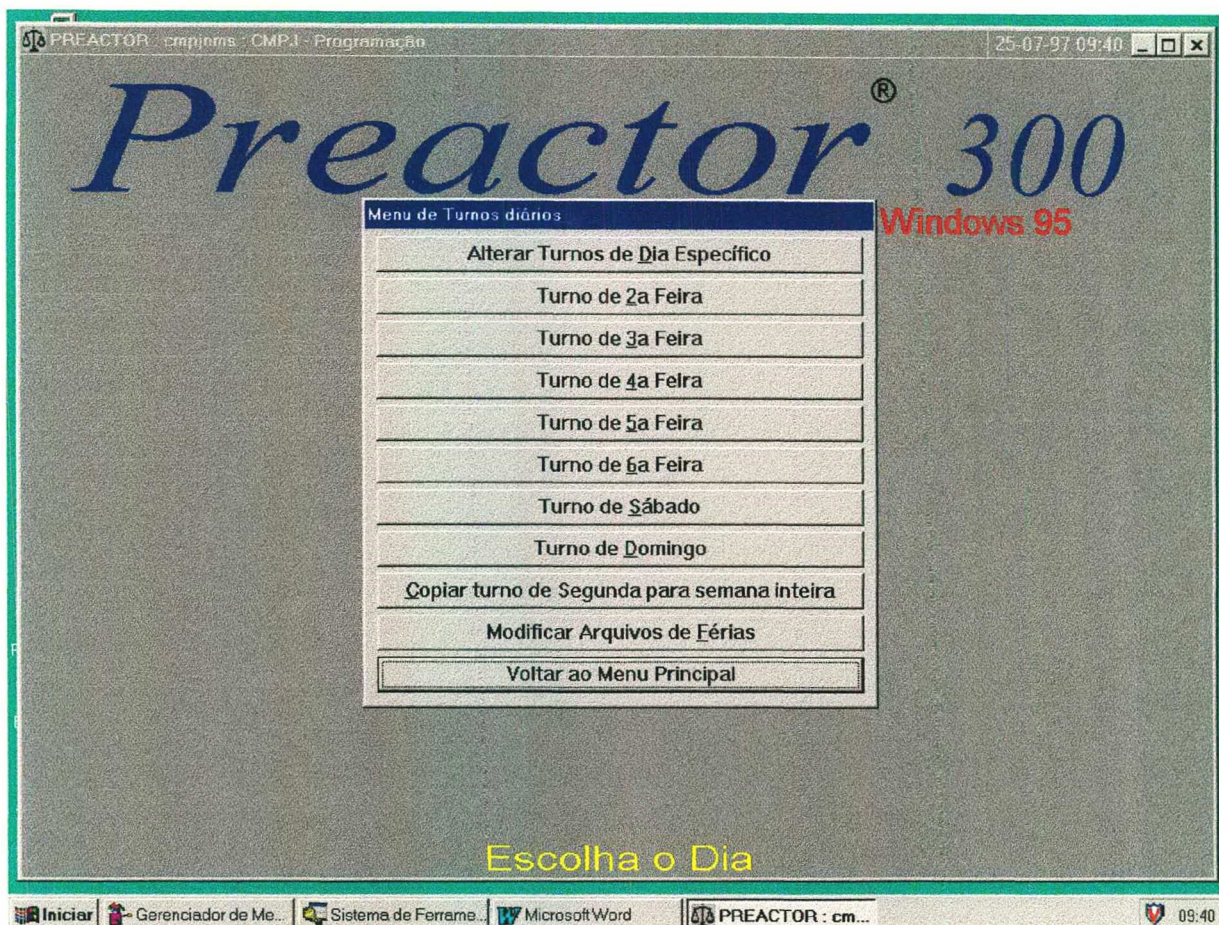


Figura 4.7- Tela de turnos

A figura 4.8 apresenta a tela do sequenciador do *Preactor* que é responsável pela distribuição das ordens de execução e permite uma programação manual e automática. O sequenciador é um recurso do *Preactor* que proporciona a ordenação das tarefas seguindo uma lógica aritmética de uma programação fina, em que todas as operações são transformadas em tarefas que deverão pertencer a grupos de máquinas respeitando as prioridades (fila) que foram já adotadas no banco de dados. Estas operações assemelham-se a “cartões” em forma de ícones que respeitam a ordenação do processo. Esta tela informa ainda, as tarefas que foram alocadas, mas possuem atraso, tornando vermelho o campo do centro de trabalho.

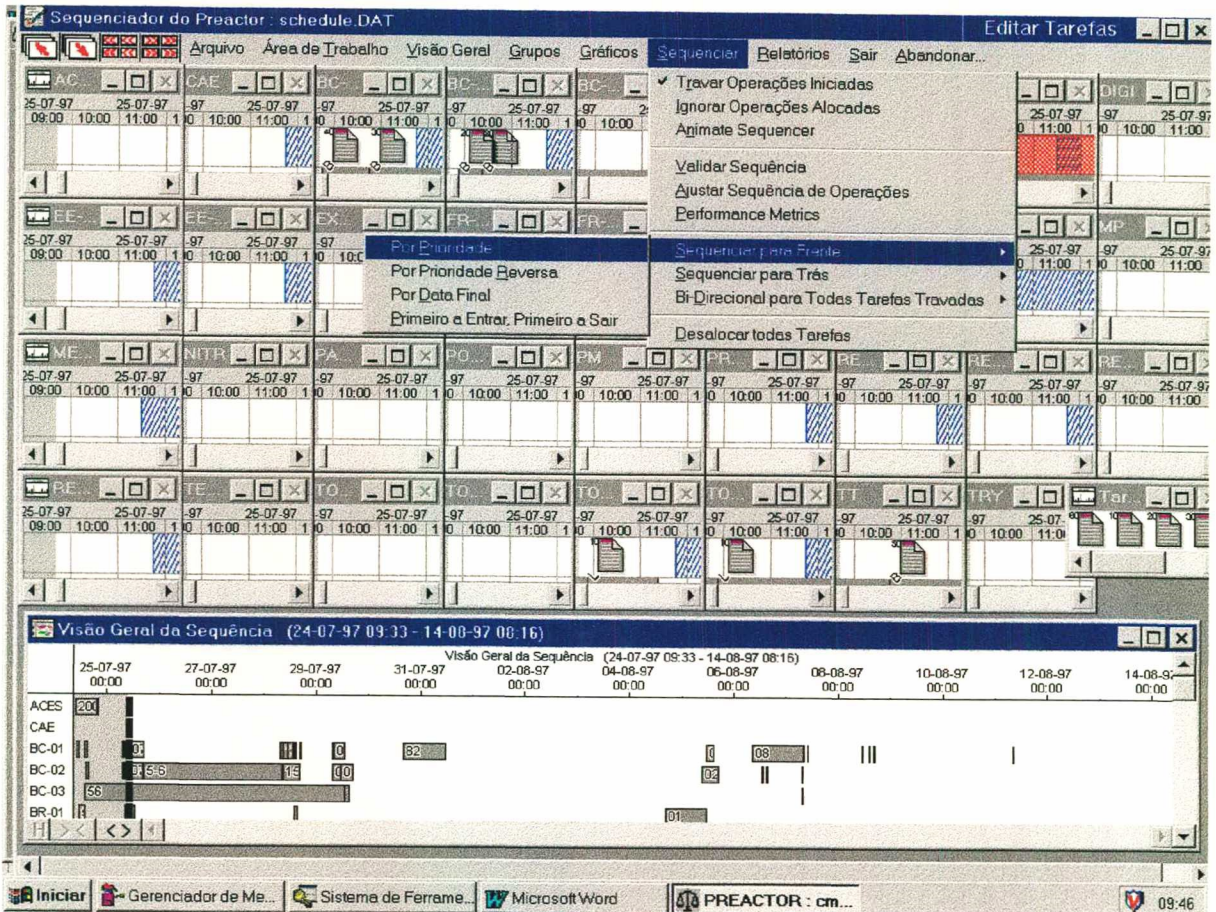


Figura 4.8 - Tela do sequenciador

A figura 4.9 apresenta em forma de gráfico de *Gantt*, um exemplo da distribuição da carga das máquinas, onde o percentual de horas trabalhadas está em torno de 33,36%, não disponível é de 50,30% e ociosa de 16,34%. Estes índices tornam-se indicadores de possíveis gargalos, quando o índice de horas trabalhadas aproxima-se de 100%. Com esta visão pode-se tomar decisões de horas extras, contratações, compra de máquinas, etc.

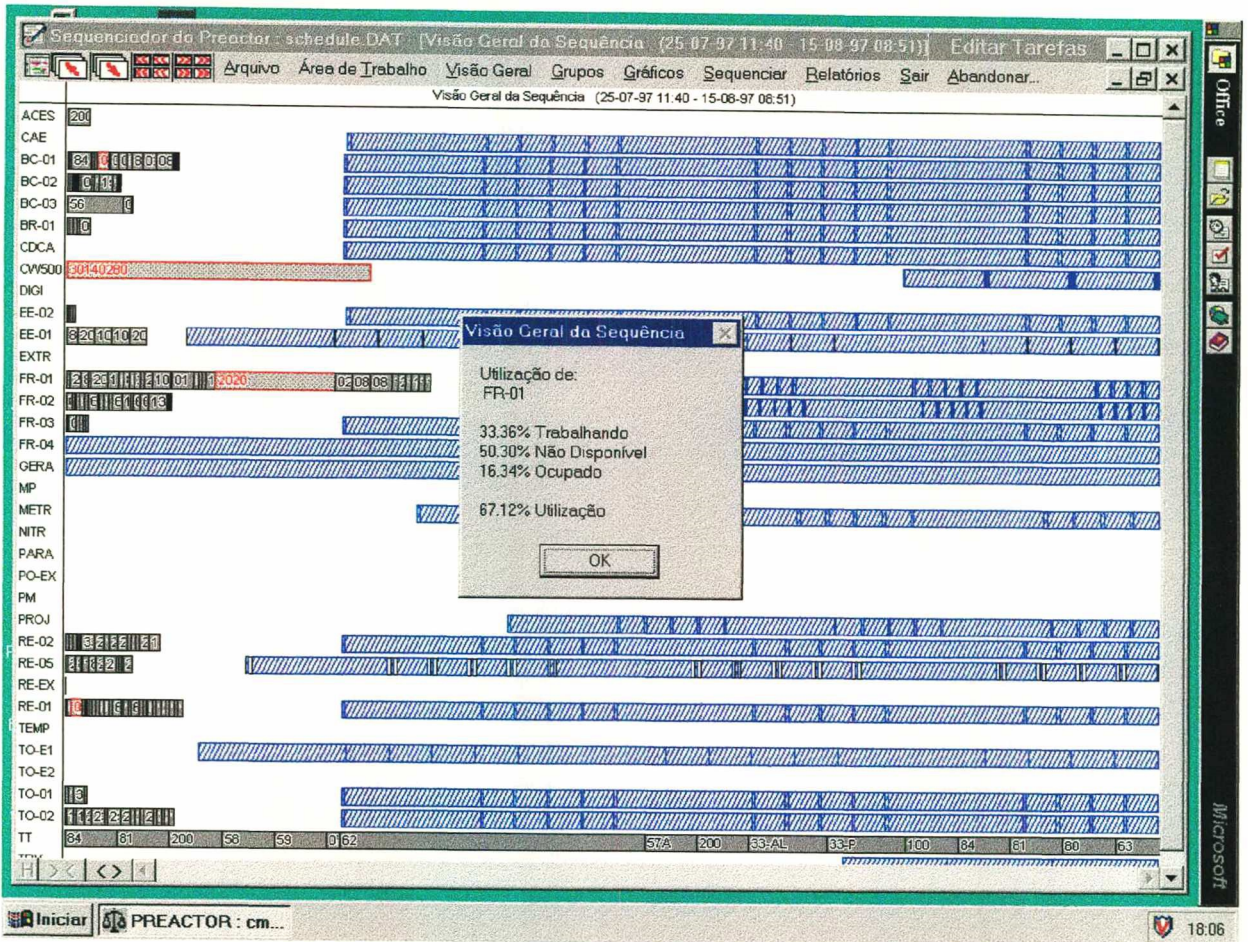


Figura 4.9- Gráfico de Gantt

A figura 4.10 representa um gráfico de *Gantt*, mostrando um resumo de seus gargalos. Deste modo, todos os tempos não disponíveis (fora de turno, quebras etc.) para cada recurso são representados graficamente, começando do lado direito da janela e seguindo para esquerda. A carga de trabalho para o recurso é representada da esquerda para a direita, de modo que o “buraco” entre os dois gráficos (se existir) é capacidade disponível (não alocada ou ociosa) naquele recurso. Este é o meio mais eficiente para visualizar a programação, seja através do gráfico por recursos ou por meio dos produtos. Ambas as opções permitem impressão e comparação de um planejamento com outro. Esta característica é particularmente útil se é desejável checar as conseqüências de uma decisão, por exemplo aumentando a prioridade de uma ordem de execução sobre as outras.

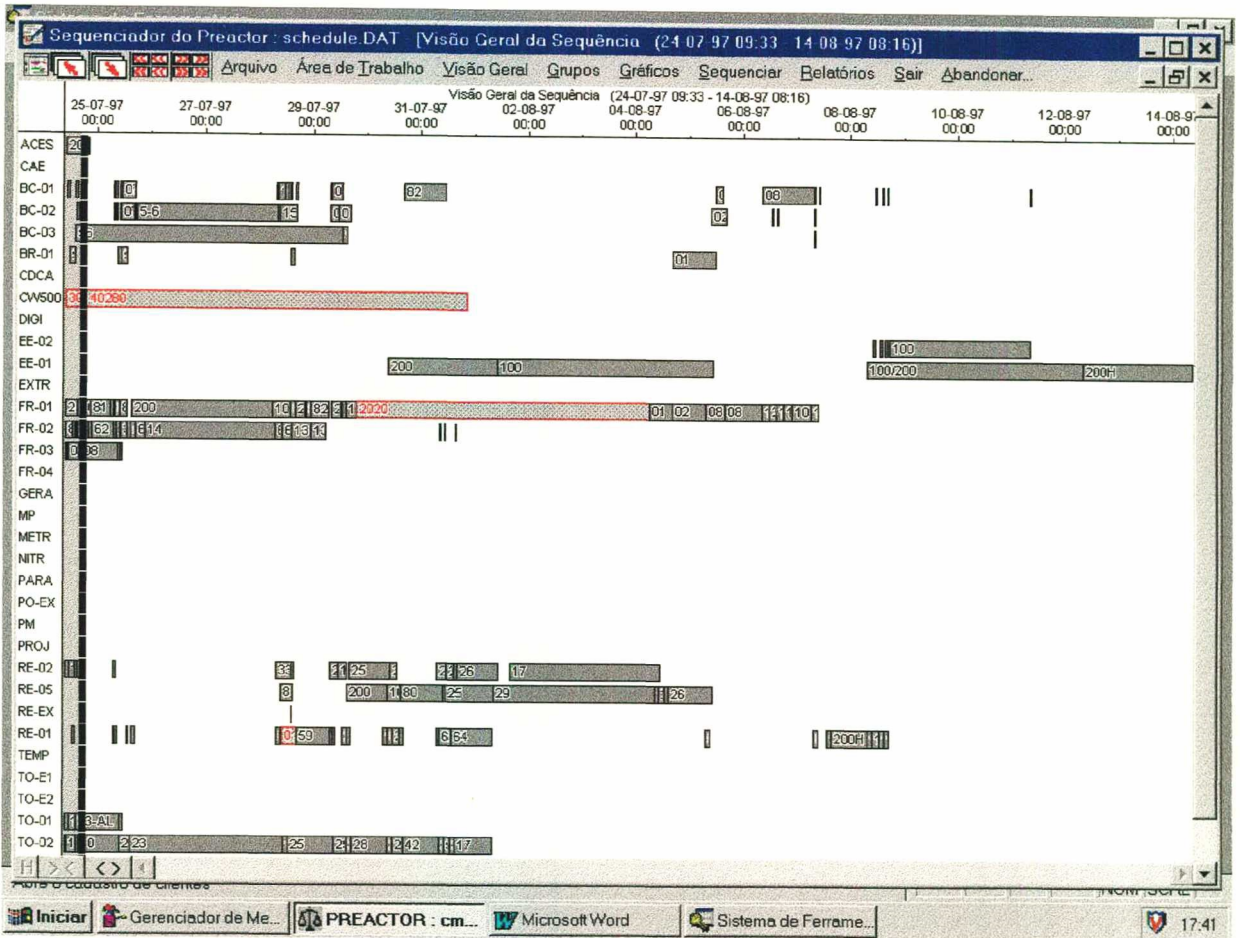


Figura 4.10 - Gráfico de Gantt

### 4.3.3- Coletor de dados

A figura 4.11 apresenta a tela do coletor de dados, sendo que no início de cada operação, o operador informa ao sistema de apontamento a hora de início da operação. Esta informação é fundamental para todo o sistema de banco de dados que alimenta o *Preactor*. Quando a operação é terminada (executando, interrompida) o banco de dados recebe esta informação em tempo real.

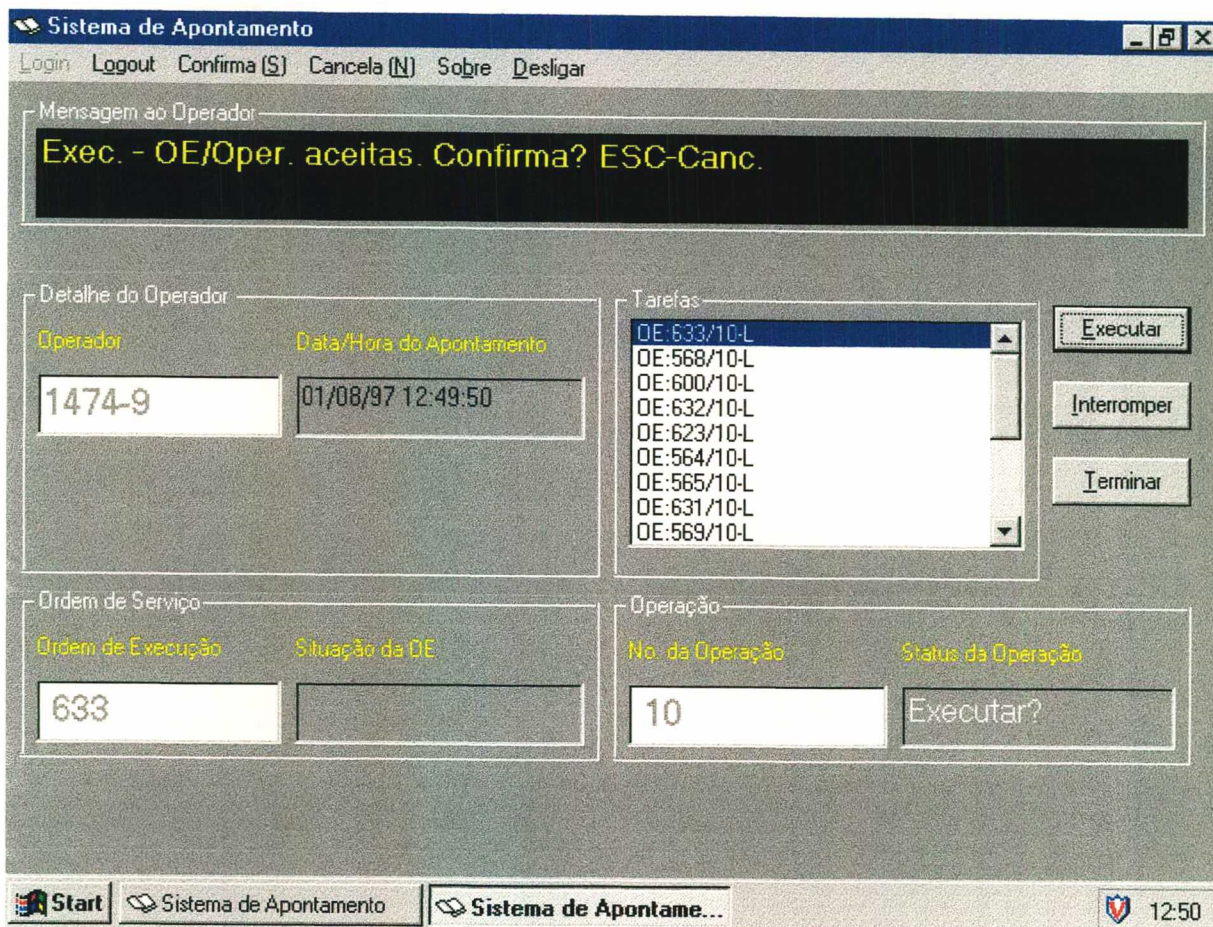
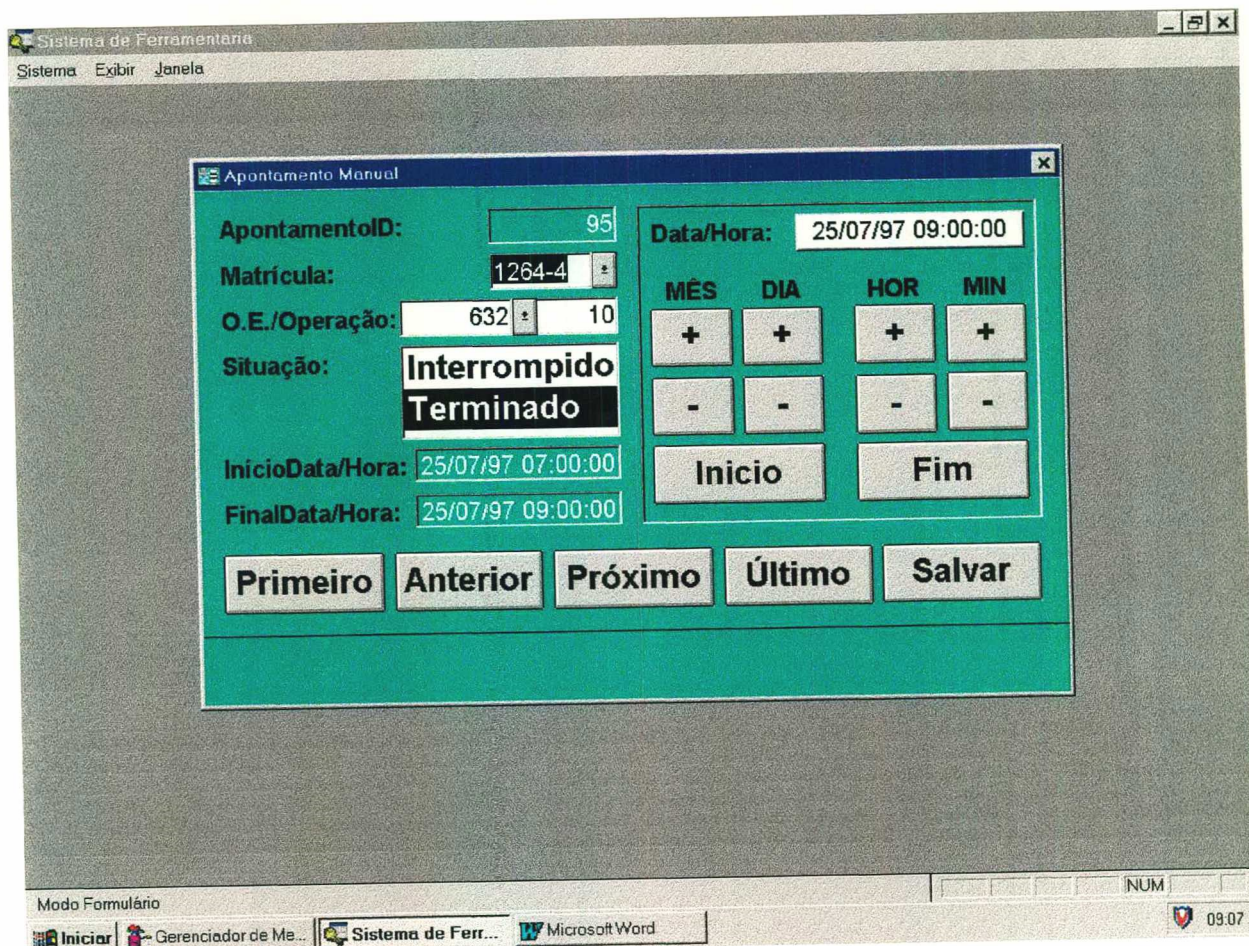


Figura 4.11 - Tela do coletor de dados

A figura 4.12 apresenta o sistema de apontamento manual. No caso de término de energia elétrica, o coletor não pode ser utilizado, desta forma desenvolveu-se um módulo de apontamento manual que é usado nestas ocasiões.



**Figura 4.12 - Tela de apontamento manual**

A figura 4.13 apresenta a tela de verificação do usuário. A operação de apontamento é realizada toda vez que uma tarefa é iniciada. Esta tarefa deve ser simples, rápida e não pode permitir erros nas informações, já que comprometeria os dados de avaliação. As informações que o usuário deve inserir, segue primeiramente a sua matrícula, que automaticamente preenche os campos "nome" e "máquina". Caso exista alguma alteração em seu posto de trabalho, este seleciona um novo centro de trabalho. Em seguida deve digitar sua senha para continuar o processo de apontamento no coletor.

The image shows a screenshot of a software window titled "Verificação do Usuário" (User Verification). The window has a green background and a white border. At the top left, there is a small icon and the text "Sistem". The main content area contains four input fields with labels to their left: "Matrícula:" with the value "1179-4", "Nome:" with the value "NELSON DE OLIVEIRA JUNIOR", "Senha:" with an empty field, and "Máquina:" with the value "FR-01". Below these fields is a large, light gray button with the text "SELECIONAR" in blue, bold, uppercase letters. At the bottom left of the window, it says "Modo Formulário" and at the bottom right, it says "NUM".

**Figura 4.13- Tela de verificação do usuário**

A figura 4.14 mostra a tela da seqüência onde o usuário insere o estado da situação da tarefa que está relacionado com o seu centro de trabalho (executando, interrompido ou terminado). Automaticamente os campos do "nome", "mensagem" e "hora" são preenchidos.

<b>Nome:</b> NELSON DE OLIVEIRA JUNIOR	<b>Máquina:</b> FR-01	<b>Situação:</b> Interrompido
<b>Mensagem:</b> <input type="text"/>		Executar
		Interromper
		Terminar
		Sair
<b>Ordem De Execução / Operação:</b>	564	/ 10
Fazer furações e fresar deixando sobremetal de 0.3mm p/ retificar na espessura das duas peças . demais medidas deixar acabada.		
<b>InícioData/Hora:</b>	18/08/97 18:30:39	Alterar 2
<b>FinalData/Hora:</b>	18/08/97 18:30:42	Alterar 1
Registro: 1 de 19		

Figura 4.14 Tela do coletor de dados

#### 4.3.4- Planilhas e software aplicados

A aquisição de *softwares* e o desenvolvimento de planilhas dentro do CMPJ foram sendo implementados à medida que as dificuldades eram identificadas. O processo inicial passou por uma padronização para existir um entendimento de todos. Cada desenho elaborado passou a receber um número padrão para todos os moldes fabricados, sendo que a única mudança seriam as medidas e desta maneira o processo de fabricação não sofreria alterações no seu sequenciamento. Esta idéia foi implementada baseada num modelo de uma empresa da Europa.

Assim, com apenas um número de desenho (posição do desenho) como identificador do processo e um histórico de cada peça realizada, a comunicação entre toda a ferramentaria e até mesmo uma previsão de compra junto ao fornecedor foi facilitada. Também com esta identificação diminui-se a possibilidade de erros e houve ganho de tempo, pois anteriormente o operador tinha que procurar, mediante a medição do material, qual aquele que deveria ser utilizado naquela peça, estando sujeito, muitas vezes, a erros no tipo de material para aquele



serviço. Esta padronização foi repassada aos fornecedores, que passaram a ter a responsabilidade de registrar sobre cada material o número padrão.

Outro aspecto levantado para elaboração das planilhas foi sobre os tipos de dados que deveriam ser mensurados e em que período estes seriam feitos. Este levantamento gerou algumas questões que deveriam ser respondidas tais como:

- Quantas horas estão disponíveis para venda?
- Quais serviços estão atrasados?
- Quais peças estão prontas ou executando de determinado serviço?
- Qual a garantia de cumprimento de prazos com o cliente ?
- No final do mês quais serviços serão faturados?

Pode-se resumir estas questões em apenas uma que foi:

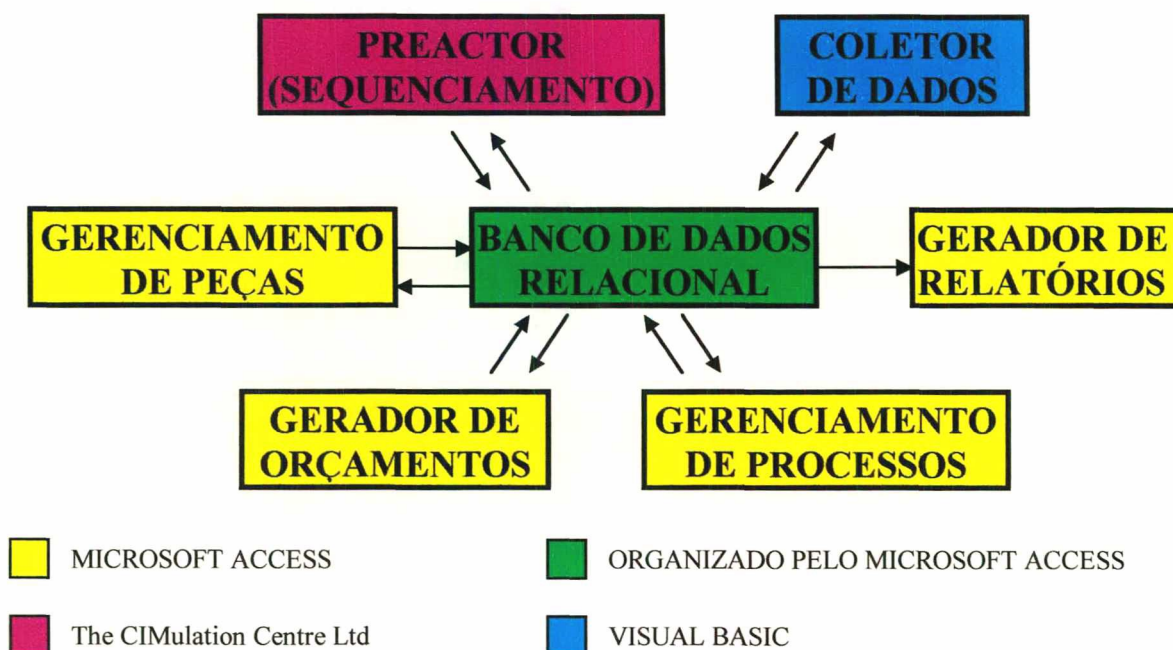
- Qual a situação atual e futura dos serviços dentro do CMPJ?

Para satisfazer estas questões foi criado um banco de dados, integrado com um sistema de sequenciamento e alimentado por um coletor de dados. No banco de dados se inserem as informações referentes a cada pedido recebido do cliente. Este banco de dados foi desenvolvido em linguagem *Access* por um professor da Escola Técnica Tupy em parceria com uma empresa de consultoria na área de software de Gestão da Produção. O objetivo principal deste banco de dados é receber informações dos coletores de dados e alimentar o sequenciador a cada tempo determinado para ele gerar as simulações necessárias.

A figura 4.15 apresenta o fluxograma do sistema, o qual é composto de um banco de dados relacional, o gerenciador de peças, o gerenciador de processo, o gerador de orçamentos, o coletor de dados e o gerador de relatórios. Abaixo são descritas as funções de cada elemento.

- Banco de dados relacional: foi organizado e descrito dentro do *Microsoft Access* que é um aplicativo *Windows* designado para construção de bancos de dados relacionais. Na figura 4.16 pode-se ver a estrutura deste banco de dados com suas tabelas e o relacionamento entre os devidos campos. O acesso aos dados pode ser feito por softwares escritos em diversas linguagens que possuam compatibilidade com o *Microsoft Access* ou que tenham compatibilidade com o sistema “*ODBC*”.
- Gerenciador de peças: é um sistema desenvolvido no *Microsoft Access* para cadastramento de peças e conjuntos a serem fabricados. As peças são descritas e recebem um nível de prioridade de execução.

- Gerenciador de processos: é um sistema desenvolvido no *Microsoft Access* para definição do processo de fabricação das peças e conjuntos. Nesta fase define-se quantas peças serão fabricadas, qual o tempo previsto, em que máquina ou grupo de máquinas e as fases de execução. As peças recebem uma “ordem de serviço” que por sua vez geram “ordens de execuções” para cada fase da peça.
- Gerador de orçamentos: é um sistema desenvolvido no *Microsoft Access* para executar o orçamento de forma automatizada com integração ao sistema de processo. Conta com cadastro de clientes, condições de pagamento, máquinas disponíveis entre outros dados.
- Coletor de dados: é um sistema desenvolvido no *Visual Basic* para mostrar aos funcionários as tarefas a serem executadas e coletar os intervalos de tempo utilizados para execução do serviço. Devido ao fato do sistema ter se tornado razoavelmente lento, muito provavelmente por alguma incompatibilidade com o *Microsoft Access* o sistema está sendo migrado para o *Microsoft Access*.
- Gerador de relatórios: é um sistema desenvolvido no *Microsoft Access* para retirada de informações como: desempenho dos funcionários, diferença entre orçado e realizado, peças atrasadas e outras informações necessárias para medir o desempenho da ferramentaria.



**Figura 4.15- Fluxograma do sistema de ferramentaria**

A figura 4.16 apresenta a estrutura do banco de dados com todas as tabelas disponíveis e seus relacionamentos entre os devidos campos.

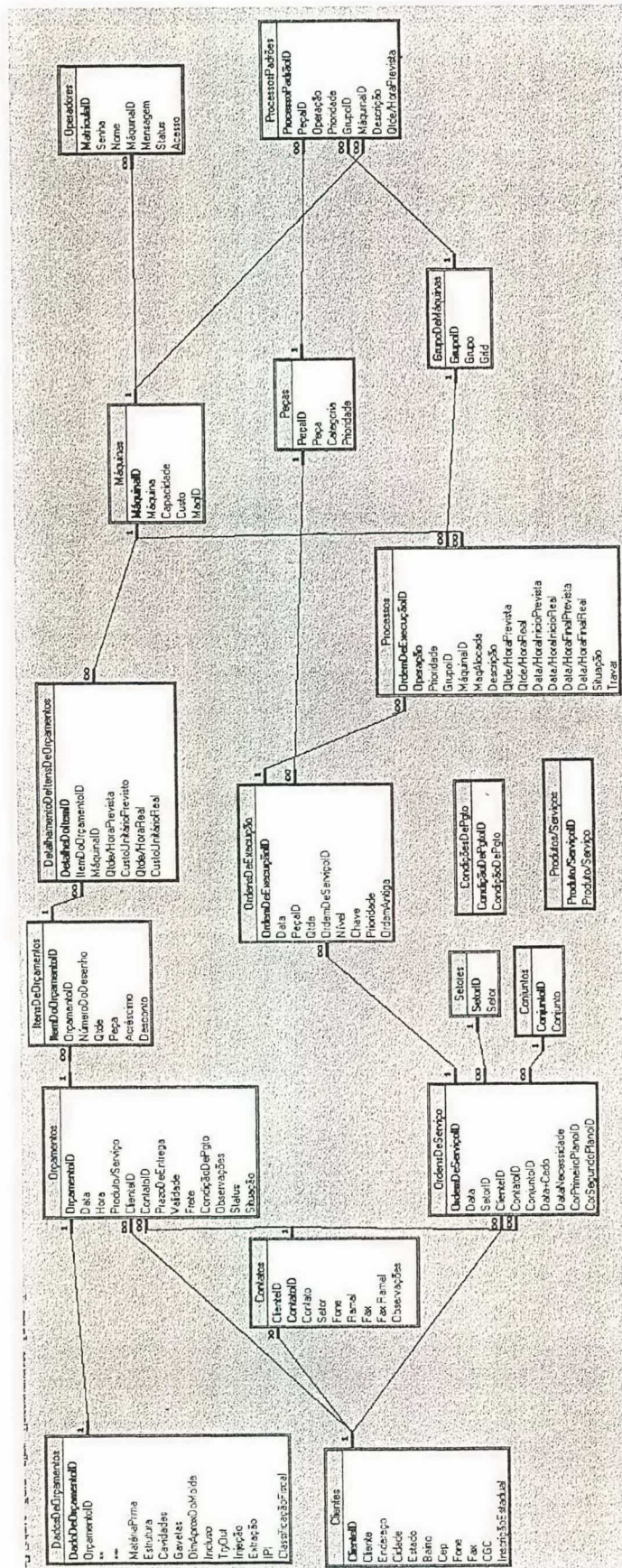
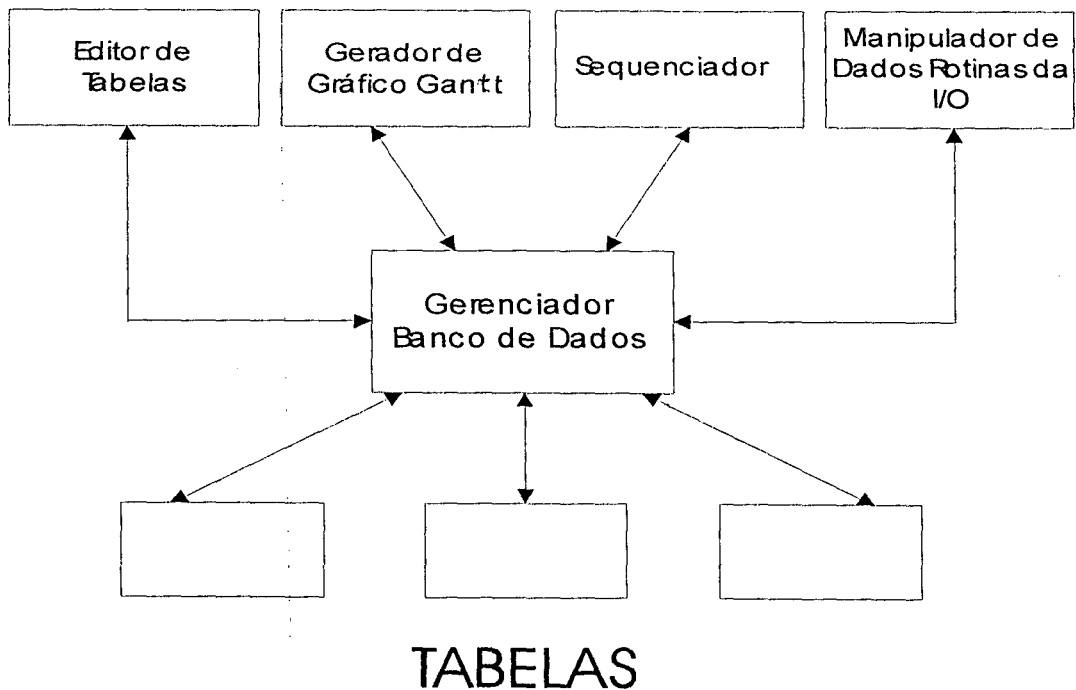


Figura 4.16- Estrutura do banco de dados

Dentro do modelo proposto pelo CMPJ, optou-se em utilizar um *software* de sequenciamento chamado *Preactor*. Na seção 3.5.3 deste trabalho foram apresentadas as características básicas deste *software*.

A figura 4.17 ilustra a estrutura lógica de funcionamento do *Preactor*, que é baseada em cinco entidades.



**Figura 4.17-** Estrutura lógica de funcionamento do *Preactor*

O Sequenciador é o coração do sistema de programação do *Preactor*. Este proporciona funções de programação manual e automática, e realiza os cálculos de capacidade finita, o que restringe o número de horas conforme os turnos.

Quando um pedido é editado com todos os seus dados, este se transforma em um ícone que deverá ser alocado dentro de um recurso. O *Preactor* automaticamente calcula o tempo de duração de cada operação naquele recurso. Este cálculo leva em conta o tempo de setup (preparação), tempo de operação por item, tamanho do lote (quantidade de peças), o calendário do recurso, etc. Este tempo de operação é apresentado no gráfico de Gantt através de barras, que têm tamanhos proporcionais ao tempo gasto.

No Sequenciador, os ícones são usados para representar cada operação necessária na lista de pedidos atuais. Os ícones têm as mesmas funções dos cartões utilizados em programação manual. As tarefas são todas representadas no gráfico de Gantt, dentro do tempo previsto ou representadas como tarefas atrasadas.

O gráfico de *Gantt* proporciona um meio conveniente de visualizar sua programação, seja através de um gráfico mostrando os recursos ou das ordens de execução. Ambas as opções permitem a impressão e a comparação de um planejamento com outro. Esta característica é particularmente útil quando se necessita checar as conseqüências de uma decisão, por exemplo, do aumento de prioridade de um pedido em relação a outros pedidos.

Para entender o funcionamento do *Preactor* é necessário conhecer como os algoritmos de sequenciamento automático funcionam. Essencialmente o *software* executa a mesma tarefa que um programador faria em um quadro de planejamento manual. Cada cartão representa uma operação de um pedido, e os cartões devem ser cortados com o tamanho certo para representar o tempo tomado pela operação. Posteriormente bastaria colocar os cartões no quadro de planejamento de modo que as operações para cada pedido ocorram em seqüência. Para fazer isto, o programador irá pegar todos os cartões para um pedido e os colocará em seqüência no quadro. Na medida em que tivesse que programar pedidos posteriores, estes provavelmente teriam que atrasar algumas das operações (movê-las para a direita) porque os recursos requisitados já estariam ocupados por uma ou mais das operações que foram carregadas primeiramente.

O programador também pode escolher um recurso para cada operação. Neste caso, o algoritmo testaria o cartão da operação em cada recurso, e o colocaria no que ocorresse primeiro.

O *Preactor* nunca move uma operação já carregada em um recurso. Ele sempre procura por um espaço no recurso que seja suficiente para a operação completa, e realiza cálculos completos de acordo com a capacidade finita de quanto tempo a operação irá demorar, levando em conta os turnos, eficiência, quebras, tamanho do lote, tempo de operação por item e outros.

Caso um novo pedido surja, cria-se uma nova situação que muda todo o cenário de planejamento, no qual se deve, pôr compromissos assumidos com os clientes, alterar as prioridades sobre todos os outros pedidos. Isto provocaria uma alteração completa e desesperada para o programador, se esta fosse feita de maneira manual. No caso da utilização do *software*, carregar-se-ia o novo pedido com a sua prioridade. As atividades seriam rapidamente resequenciadas, apresentando uma nova programação e administrando os atrasos e falta de capacidade.

Por este motivo sempre que o banco de dados for carregado com novas programações, é necessário resequenciar, porque a programação prevista e a real divergiram de maneira não aceitável. A programação prevista e a real podem divergir por muitas razões, mas os motivos provavelmente estão em uma ou mais das seguintes categorias:

- operações estão sendo executadas fora do tempo correto, apesar da seqüência de trabalho e dos recursos alocados estarem corretos;
- a seqüência de trabalho em um determinado recurso foi alterada, apesar do recurso alocado ainda estar executando os trabalhos;
- o recurso alocado é incapaz de executar o trabalho, necessitando que as operações sejam realocadas em outro recurso.

#### **4.3.5- Relatórios do sistema**

A figura 4.18 apresenta o relatório das ordens de execução (OE) pendentes por posto operativo. Na figura observa-se a qual OS que a peça pertence, a OE da peça e a data de início prevista. Este relatório é necessário para administrar os gargalos e desta forma torna-se necessário saber quais OE's estão previstas para aquele posto de trabalho e quais medidas poderão ser implementadas no sentido de solução do problema.



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047) 432-0133 FAX: (047) 432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

## Lista De Ordens De Execução Pendentes

31-jul-97

MáquinaID: RE-05

Máquina: Retífica Coordenada

<u>O. S.:</u>	<u>O. E.:</u>	<u>Peça:</u>	<u>Descrição:</u>	<u>InicioPrevisto:</u>
3386	633	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	14-jun-97
3386	632	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	15-jun-97
3386	630	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	15-jun-97
3418	619	Cavidade Inferior	Retificar conforme desenho	16-jun-97
3386	609	Bucha Guia Inferior	Retificar conforme desenho	18-jun-97
3411	562	Bucha Principal	Retificar conforme desenho	19-jun-97

Figura 4.18- Lista de ordens de execução pendentes

O relatório de horas utilizadas por OS apresentado na figura 4.19 faz parte de um grupo de relatórios de acompanhamento de resultados. Neste relatório já se torna possível verificar qual o valor total utilizado naquela OS, ou seja, o total de horas gastas naquela OS até determinado momento.



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047)432-0133 FAX: (047)432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

## Horas Utilizadas Por Ordem de Serviço

Número da Ordem de Serviço: 3369

<u>MáquinaID:</u>	<u>Horas Utilizadas:</u>	<u>Valor Resultante:</u>
Projetos	105,5	2940,00
CADCAM	10,0	400,00
Fresadora Dyna	54,0	2430,00
Fresadora FW315	18,5	647,50
Retífica Plana	21,5	537,50
Broqueadeira	102,5	3587,50
Retífica Cilíndrica	49,5	1237,50
Eletroerosão NC460	76,4	1910,00
Torno	158,0	3950,00
Bancada	70,0	1470,00

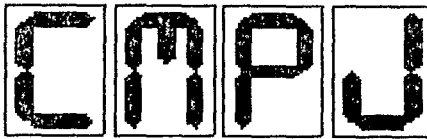
Valor Resultante Total:

R\$18462,50

Figura 4.19- Relatório de horas utilizadas por ordem de serviço

O relatório representado na figura 4.20 refere-se aos totais de horas realizadas por centro de custo. Este relatório possibilita que se tenha os dados do período de cada posto operativo, ou seja, é possível saber naquele período (por exemplo 30 dias), qual o valor de horas trabalhadas em cada máquina.





SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047)432-0133 FAX: (047)432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

### Totais De Horas Por Centro de Custo

Início em 15/05/97

Final em 30/06/97

<u>MáquinaID:</u>	<u>Máquina:</u>	<u>Total:</u>
PROJ	Projetos	105,5
CADCAM	CADCAM	10,0
FR-01	Fresadora Dyna	54,0
FR-02	Fresadora FW315	18,5
RE-01	Retífica Plana	21,5
BR-01	Broqueadeira	102,5
RE-02	Retífica Cilindrica	49,5
EE-01	Eletroerosão NC460	76,4
TO	Torno	158,0
BC	Bancada	70,0

Figura 4.20- Relatório de totais de horas por centro de custo

A figura 4.21 apresenta o relatório de horas trabalhadas por funcionário. Este relatório é uma ferramenta adequada no sentido de valorização dos funcionários que estão empenhados no resultado da equipe ou que estão demonstrando dificuldades na sua função.



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047)432-0133 FAX: (047)432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

### Horas Trabalhadas Por Funcionários e Rendimento

Período de 30-jun a 31-jul

Horas Úteis Do Período:244,00

<u>MáquinaID:</u>		<u>Horas Utilizadas:</u>	<u>Valor Resultante:</u>
1459-0	JULIANO MERLING	200,5	84,02%
1191-9	JOSÉ LUIS MOREIRA	208,2	85,33%
1231-3	MILTON JOSÉ SANTOS	221,5	90,78%
1457-4	ADEMIR BONIKOSKI	180,4	73,93%
1279-2	IVO CANDIDO VIEIRA	188,1	77,09%
1453-3	PAULO JOSÉ MARTINS	230,8	94,59%
1520-9	ADRIANO E. ALBANO	201,5	82,58%
980-6	FLÁVIO DE BRITO	215,8	88,44%
901-2	ENIO MALHEIROS	226,3	92,75%

Figura 4.21- Relatório de horas trabalhadas por funcionários e rendimento

A figura 4.22 apresenta a lista de ordem de execução (OE) pendentes, na qual ser torna possível verificar todas as OE emitidas e programadas naquele período e seu estado atual e futuro.



**SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA**  
 ENTIDADE MANTENEDORA DO  
**CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE**  
 RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
 89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
 FONE: (047)432-0133 FAX: (047)432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
 CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

## Lista De Ordens De Execução Pendentes

31-jul-97

1

MáquinaID: RE-05

Máquina: Retífica Coordenada

<u>O. S.:</u>	<u>O. E.:</u>	<u>Peca:</u>	<u>Descrição:</u>	<u>InicioPrevisto:</u>
3386	633	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	14-jun-97
3386	632	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	15-jun-97
3386	630	Elemento Móvel	Retificar conforme desenho	15-jun-97
3418	619	Cavidade Inferior	Retificar conforme desenho	16-jun-97
3386	609	Bucha Guia Inferior	Retificar conforme desenho	18-jun-97
3411	562	Bucha Principal	Retificar conforme desenho	19-jun-97

**Figura 4.22- Relatório de ordens de execução pendentes**

A figura 4.23 mostra a lista de peças atrasadas, sendo que as mesmas já foram iniciadas porém têm a data final prevista atrasada. Na figura pode ser observado que o item da OS 3386 e OE 595 tem seu início real em 21/06/97 e a sua data de conclusão para 20/06/97, estando atrasada. A figura 4.24 é similar a anterior porém mostra o detalhamento das peças atrasadas por OS. Neste relatório são registrados o início previsto, o início real e a data final prevista. Na figura 4.25 tem-se a lista de peças atrasadas por OE.



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
**CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE**  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047) 432-0133 FAX: (047) 432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

**LISTA DE PEÇAS ATRASADAS - "Iniciaram, e a data final prevista está atrasada"**

OS	OE	Pos. Des.	Descrição	Oper.	Sit.	Máq.	Início Real	Final Prev.
3386	595	57A	Placa de Ajust	20	B	BC-02	21-jun-97	20-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	30	B	TT	21-jun-97	21-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	40	B	RE-01	22-jun-97	22-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	10	L	Fr-02	23-jun-97	22-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	20	B	BC-02	22-jun-97	21-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	30	B	TT	23-jun-97	22-jun-97

Figura 4.23- Lista de peças atrasadas (já iniciadas)



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
**CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE**  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047) 432-0133 FAX: (047) 432-1764 EMAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

**LISTA DE PEÇAS ATRASADAS - "Visualização Detalhada por Ordem de Serviço"**

OS	OE	Pos. Des.	Descrição	Oper.	Sit.	Máq.	Início Prev.	Início Real	Final Prev.
3386	593	10	Haste Extrator	10	L	TO-02	12-jun-97	13-jun-97	12-jun-97
3386	593	10	Haste Extrator	30	B	FR-02	13-jun-97	14-jun-97	13-jun-97
3386	594	12B	Suporte	10	L	FR-02	12-jun-97	13-jun-97	12-jun-97
3386	594	12B	Suporte	20	B	BC-01	15-jun-97	18-jun-97	15-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	10	L	Fr-02	20-jun-97	25-jun-97	20-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	20	B	BC-02	21-jun-97	25-jun-97	21-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	30	B	TT	21-jun-97	25-jun-97	22-jun-97
3386	595	57A	Placa de Ajust	40	B	RE-01	22-jun-97	26-jun-97	23-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	10	L	Fr-02	21-jun-97	22-jun-97	21-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	20	B	BC-02	22-jun-97	23-jun-97	22-jun-97
3386	596	58	Placa de Ajust	30	B	TT	23-jun-97	28-jun-97	24-jun-97

Figura - 4.24- Lista de peças atrasadas por OS



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
ENTIDADE MANTENEDORA DO  
CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE  
RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
FONE: (047)432-0133 FAX: (047)432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

LISTA DE PEÇAS ATRASADAS - "Visualização Detalhada por Ordem de Execução"

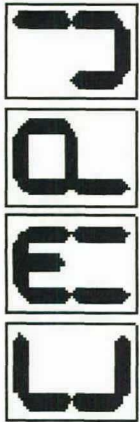
OS	OE	Pos. Des.	Descrição	Oper.	Sit.	Máq.	Início Prev.	Início Real	Final Prev.
3386 97	635	32A	Contracolada	10	L	TO-02	23-mai-97	24-mai-97	23-mai-97
3386	635	32A	Contracolada	20	B	FR-02	23-mai-97	24-mai-97	23-mai-97
3386	635	32A	Contracolada	30	B	BC-02	25-mai-97	27-mai-97	25-mai-97
3386	635	32A	Contracolada	40	B	TT	05-jun-97	10-jun-97	06-jun-97
3386	635	32A	Contracolada	50	B	RE-02	06-jun-97	11-jun-97	06-jun-97
3386	635	32A	Contracolada	60	B	BC-01	06-jun-97	12-jun-97	06-jun-97

31-jul-97

Pág. 1

Figura 4.25- Lista de peças atrasadas por OE

A figura 4.26 apresenta o relatório final do serviço realizado. Este relatório compara os dados utilizados no orçamento emitido ao cliente em relação ao número de horas utilizadas em cada posto de trabalho. Com este relatório é possível saber o resultado de cada posto de trabalho e o resultado geral da ordem de serviço. A figura 4.27 é semelhante a anterior porém todos os dados são apresentados em valores financeiros (reais). Estes dois relatórios apresentados nas figuras servem como indicadores para tomada de decisões como exemplo: novos orçamentos, compra de equipamentos, treinamento de funcionários etc.



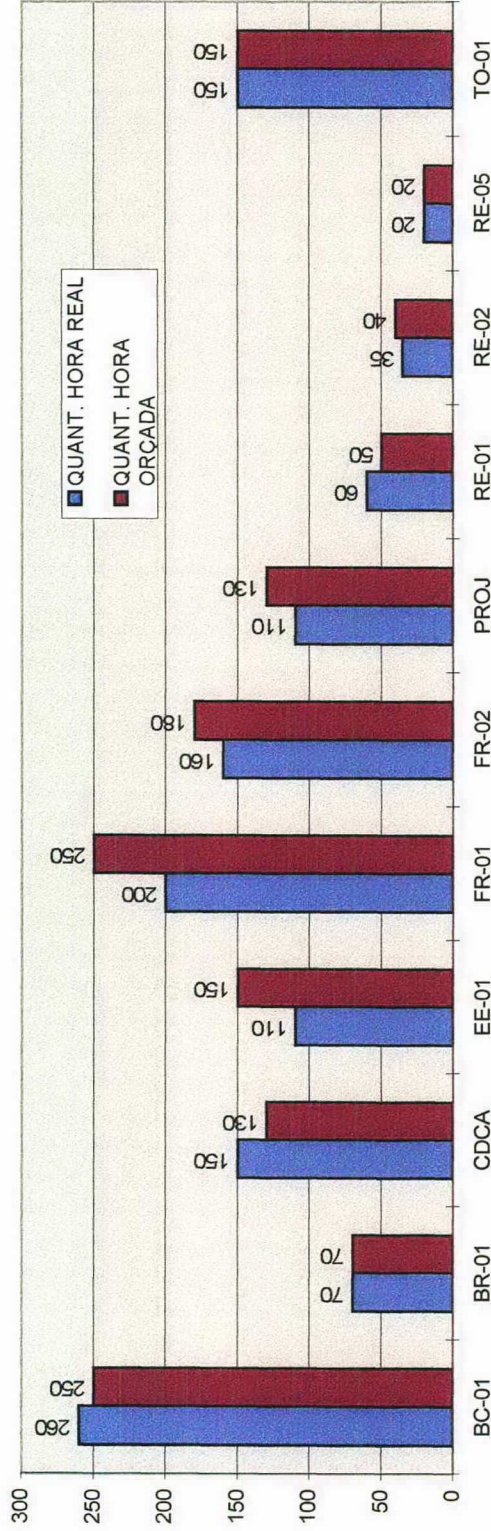
**SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA**  
 ENTIDADE MANTENEDORA DO  
**CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE**  
 RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
 89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
 FONE: (047) 432-0133 FAX: (047) 432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
 CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

**Ordem de Serviço: 3386**

**Orçamento: 109**

**Conjunto : Molde de Injeção Carcaça**

**LEVANTAMENTO DE HORAS**



**Figura 4.26- Relatório de horas utilizadas por OS**



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA  
 ENTIDADE MANTENEDORA DO  
**CENTRO DE MECÂNICA DE PRECISÃO DE JOINVILLE**  
 RUA: ALBANO SCHMIDT, 3333 CAIXA POSTAL 401  
 89227-700 JOINVILLE SC BRASIL  
 FONE: (047) 432-0133 FAX: (047) 432-1764 E-MAIL: cmpj@netville.com.br  
 CGC: 84.684.182/0001-57 Inscr. Est.: 250.135.558

Ordem de Serviço: 3386

Orçamento: 109

Conjunto : Molde de Injeção Carcaça

LEVANTAMENTO DE CUSTO

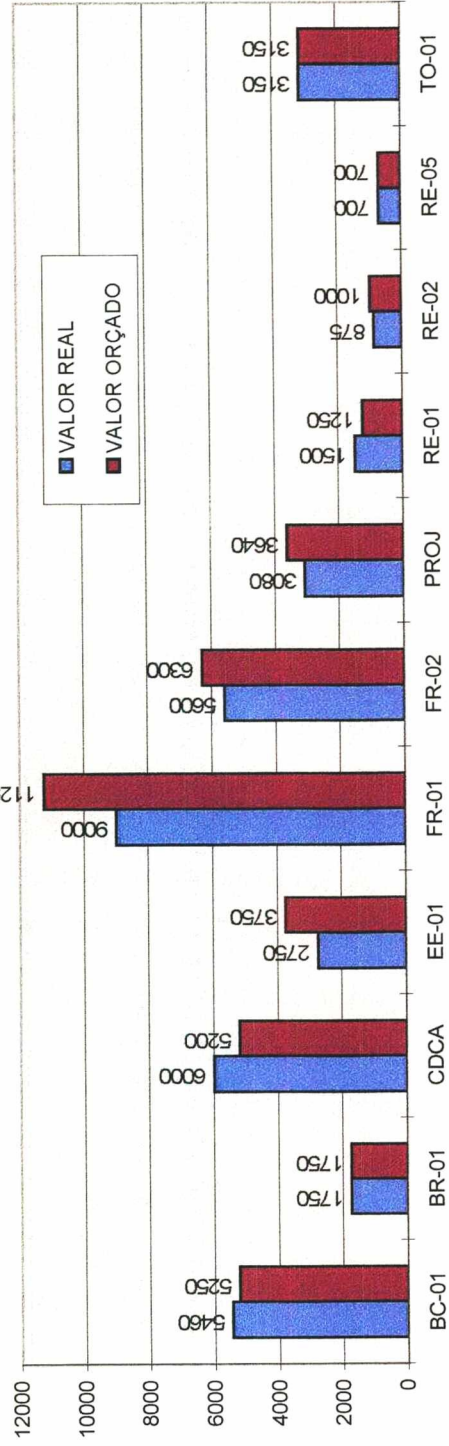


Figura 4.27- Relatório de custo por OS

#### 4.4- RESULTADOS OBTIDOS

Com a implantação do sistema PFCP dentro do ambiente do CMPJ passou a ter um maior controle das informações de chão de fábrica. A partir daí se tem oferecido um diferencial aos clientes em função de uma melhora significativa no cumprimento dos prazos e do fornecimento de informações no caso de atrasos, com uma antecedência bastante razoável.

Esta melhora nos resultados é principalmente consequência do eficiente controle e acompanhamento dos indicadores de desempenho do programa de produção.

Os principais resultados obtidos com o PFCP foram:

- previsão da data de entrega do serviço precisa e rápida;
- flexibilidade oferecida ao cliente, em função da facilidade de visualizar todas as variáveis envolvidas no caso de uma alteração no seu produto;
- facilidade na programação da produção, sendo um dos maiores ganhos comparado com o sistema convencional que era utilizado (gráficos de gantt elaborados manualmente);
- reprogramação simplificada, a partir dos dados inseridos nos coletores de dados, basta o programador solicitar uma nova seqüência das operações;
- elaboração de orçamentos com base em dados reais, utilizando o histórico de serviços já realizados;
- previsão de entrega definida no orçamento com base de dados reais;
- confiabilidade na análise de resultado dos serviços comparando previsto e realizado;
- visualização do número de horas extras realizadas no período;
- visualização do número de horas trabalhadas por cada funcionário, o que resultou rapidamente num ganho de produtividade ( anteriormente não tinha-se como quantificar o quanto e quando o funcionário trabalhou em determinado serviço);
- visualização do número de horas trabalhadas por posto operativo;
- visualização do número de horas parada do posto operativo, por problemas de manutenção, erros de programas CNC's , etc.;
- visualização dos atrasos existente em determinado período;
- visualização do total de serviços sendo executados e aqueles com pedido em carteira;

- facilidade em ajustar e controlar o nível de capacidade;
- facilidade em administrar a compra de materiais;

A grande maioria dos resultados obtidos, são resultados iniciais, estando muito longe do ideal, e referem-se ao simples fato de alguém estar visualizando estas informações. Nesta hora os erros passam a ter seus donos e começa a ficar evidente onde estão ocorrendo as falhas.

#### 4.5- DIFICULDADES ENCONTRADAS

A maior dificuldade encontrada diz respeito ao tipo de empresa escolhida para implantar um sistema de PFCP. O CMPJ por trabalhar com produtos sob encomenda não consegue manter uma previsão de longo prazo referente ao que vai fabricar. A cada projeto assumido toda a equipe é desafiada a criar uma solução adequada para o cliente e ao mesmo tempo fabrica-la dentro do prazo estabelecido com a margem de contribuição prevista para custear a estrutura.

Outro problema diz respeito ao envolvimento do ser humano. Algumas pessoas têm receio quanto às mudanças, mesmo o CMPJ possuindo a maioria dos funcionários com uma escolaridade a nível de segundo grau, tem ocorrido falta de empenho na aplicação deste sistema. Conforme citado no item anterior, os dados quando registrados e acompanhados passam a apontar a posição do erro.

Outro problema que tem dificultado o êxito da implantação é a dificuldade das pessoas tratarem com sistemas informatizados. Aqueles que estão há muito tempo trabalhando em empresas sem recursos, criam barreiras à utilização de micro-computadores.

E finalmente um problema não menor que os outros é o relacionamento entre os software utilizados. Inicialmente tentou-se aproveitar um sistema de apontamento de horas desenvolvido na linguagem *COBOL*, porém não se obteve sucesso em função da incompatibilidade com o sistema *Windows* utilizado em rede. Nem mesmo os dados antigos foram recuperados. Quando se procurou utilizar o *Visual Basic* no apontamento de horas, o mesmo abria um programa exclusivo que forçava o fechamento do banco de dados desenvolvido no *Access*. Para solução deste problema optou-se em desenvolver outro sistema de apontamento em *Access*, o que acredita-se viabilizar a integração com bons resultados.



Com relação aos coletores de dados, preferiu-se utilizar microcomputadores conectados na rede do CMPJ. Esta decisão deu-se em função de experiências passadas no uso de sistemas dedicados, que quando apresentavam problemas de manutenção paravam até que um especialista pudesse efetuar a manutenção.

## CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1- CONCLUSÕES

Este trabalho foi elaborado visando estudar a área de planejamento e controle da produção, sua relação com sistemas integrados de manufatura e os impactos de implantação de sistema PFCP em ambientes de produção sob encomenda. Este estudo propiciou a geração e adaptação de um modelo de PFCP voltado para as características de um ambiente de ferramentaria. O sistema contempla a atuação em todos os níveis de decisão da produção da empresa, através da integração de um sistema de banco de dados, com um sistema de sequenciamento alimentado por um coletor de dados.

No ambiente de uma ferramentaria onde implantou-se o PFCP, como a bibliografia já sinalizava, existem complicações para o equacionamento das variáveis envolvidas e para o tratamento das mudanças ocorridas a cada instante no chão de fábrica. A dificuldade maior foi de criar um modelo que contemplasse todas estas variáveis e estabelecesse o fluxo ideal das informações.

Ficaram evidentes as dificuldades de uso de sistemas de PCP aplicados em ambientes de produção sob encomenda, tais como MRP II, PERT, OPT e JIT mostrando-se que os mesmos não enfatizam o cumprimento de prazos, premissa inicial deste trabalho como sobrevivência das empresas de ferramentarias no futuro.

Mostrou-se também a tendência mundial das *Software House* em desenvolver sistemas com capacidade finita que estejam mais próximos do chão de fábrica, trabalhando em plataformas de microcomputadores e que possam ser adquiridos por pequenas empresas que trabalham com ambiente de produção sob encomenda.

Buscou-se neste trabalho desenvolver um sistema de planejamento e controle da produção aplicando o conceito de planejamento fino e controle de produção em um ambiente de ferramentaria, levando em conta os três níveis do PCP. Ou seja do planejamento estratégico da produção até o controle minuto a minuto da programação de chão de fábrica. A ênfase foi em integrar os dados de chão de fábrica a um banco de dados, que recebia informações do coletor de dados e informava o sistema de sequenciamento a qualquer instante necessário, tornando-o em um sistema de tempo real.

A dinâmica dos ambientes de produção sob encomenda foram esquecidos até o início da década de 80, quando a visão dos sistemas eram baseada em produções seriadas e

soluções extremamente onerosas, como o caso dos sistemas MRP II. Os mesmos não levavam em conta as restrições do dia-a-dia do ambiente de produção sob encomenda e tratavam as decisões baseadas em dados estáticos, tais como capacidades dos recursos, variações de tempos de processamento, etc. Estes sistemas apresentavam-se extremamente aptos em planejamentos de médio e longo prazo, porém falhos em controles de minuto a minuto.

A contribuição deste trabalho sem dúvida é imensurável no que diz respeito a possibilidade de se obter um ambiente de uma ferramentaria gerando seus dados a todo instante e conseguindo rastrear todos seus dados de fabricação a qualquer tempo.

A solução apresentada mostrou-se bastante econômica para o porte de uma empresa do tipo ferramentaria, com a utilização de equipamentos de fácil obtenção e consequentemente com facilidade de manutenções futuras. Os softwares utilizados mostraram-se como uma boa ferramenta de trabalho, permitindo boa performance na integração com os outros sistemas. Também fica evidente que a metodologia é factível de implementação com outros sistemas de sequenciamento. As planilhas foram desenvolvidas sobre uma plataforma de software comercial podendo ser facilmente melhoradas e alteradas.

O sistema se mostra bastante eficaz na geração de informações e organização do chão de fábrica, porém exige uma estratégia de implantação bem planejada. No exemplo da aplicação, mesmo sendo em um ambiente favorável, já que é um centro de tecnologia e tem a maioria de seu quadro de funcionários com o segundo grau de escolaridade, foi obrigado a investir-se um longo tempo de treinamento e conscientização na importância do sistema para a sobrevivência do centro. Obteve-se com isto uma demora na implantação efetiva do sistema.

A revisão bibliográfica realizada mostrou a inexistência de aplicações de PFCP a ferramentarias. O assunto proposto nesta dissertação é ainda incipiente e as publicações pouco tratam sobre ele.

## 5.2- RECOMENDAÇÕES

A continuidade deste trabalho sem dúvida alguma é uma necessidade para aprimoramento deste modelo. Conforme abordado durante o trabalho, uma das maiores dificuldades foi de encontrar um modelo para ser seguido, já que na área específica de ambientes de ferramentarias não foi encontrado outro modelo.

Acredita-se, que dentro do modelo proposto pode-se incluir um sistema de CAPP, objetivando o ganho de tempo na área de planejamento do processo. Rozenfeld, em 1994, identificou que para uma indústria metal-mecânica, o processista passa 63% de seu tempo escrevendo, 21% calculando e somente 8% analisando e concebendo valores à empresa. Com isto, destaca-se um problema de produtividade no setor de planejamento do processo.

Outra linha que deve ser explorada é o uso de máquinas que alimentam o sistema em tempo real, ou seja, no modelo estabelecido todos os dados que eram introduzidos ao sistema foram via informações fornecidas pelos operadores ao coletor de dados, podendo a qualquer instante esses dados serem involuntariamente introduzidos de forma errônea. O uso de sistema automático garantiria a fidelidade da maioria das informações.

O fator custo neste trabalho foi aplicado mediante ao uso de planilhas já desenvolvidas anteriormente. Acredita-se que o sistema possa ser alimentado com dados de custos à medida que ocorram variações no processo de fabricação.

Finalmente, o controle da área de compras e suprimentos não foi abordado neste trabalho. Partiu-se da premissa que estas recebiam as ordens de compras e as efetuavam. O sistema pode ser implementado no tocante a uma integração com o fornecedor, permitindo que o mesmo possa atribuir os prazos na mesma hora da emissão dos orçamentos e que o sistema libere relatórios do estado de entrega dos materiais comprados.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- 1- AGOSTINHO, O . L., **Alguns aspectos estruturais da integração da manufatura**, Revista Máquinas e Metais, pg 194-196, março de 1994.
- 2- ALMEIDA, A. T.; ALCOFORADO, M. M. D. G., **O planejamento de sistemas de informação na integração da produção**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 3- BERTOSSI, A.A.; FUSIELLO, A., **Rate-monotonic scheduling for hard-real-time systems**, European Journal of Operational Research, pg 429-443, 1997.
- 4- BREMER, C. F.; MELLO, M. C. F.; ROZENFELD, H., **O conceito de planejamento fino e controle de produção**, Anais do Congresso Internacional de Computação Gráfica - CICOMGRAF-92, 1992
- 5- COSTA, R. S, **Pontualidade total na produção sob encomenda: conceito, tecnologia e uso da simulação computacional na gestão do chão-de-fábrica**, Tese de Doutorado submetida ao corpo docente da coordenação de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, março de 1996.
- 6- CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N., **Just-in-time, MRP II e OPT um enfoque estratégico**. Primeira Edição, São Paulo, Editora Atlas, 1993.
- 7- CORRÊA, H.L.; PEDROSO, M.C., **Sistemas de programação finita: uma decisão estratégica**, Revista de Administração de Empresas da Fundação Getulio Vargas- RAE, 1996.
- 8- CRISTOPH, O.B.; STEVENS, S.P.; CRISTOPH, R.T., **Automatic data collection system: observed benefits and problems**, International Journal of Operations & Production Management, v.12, n.5, 1992.
- 9- EGREJA, L. R. G., **Descomplicando a implantação do CIM e da ISO 9000**, Revista Máquinas e Metais, pg 180-187, março de 1994.
- 10- FERREIRA, J.I.A., **Análise custo/benefício de implantação de sistemas MRP II em indústrias**, Revista Máquinas e Metais, dezembro, pg 64-71, 1994.

- 11- FERREIRA, R. C.; BARBOSA, S. M.; RIBEIRO, J. F. F.; RIBEIRO, C. M., **Algoritmos e modelos para a tecnologia de grupo**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 12- GUPTA, Y.P. et al., **Operational planning and scheduling problems in advanced manufacturing systems**, International Journal of Production Research, v.31, pg 869-900, 1993.
- 13- HILL, J.F.; COSTA, R. S.; JARDIM, E.G.M., **Strategic capacity planning and shop-floor control in jobbing production**, OMA-UK Sixth International Conference, Birmingham, England, 1991.
- 14- JACOBS, L.W.; LAUER, J., **DSS for job shop machine scheduling**, Industrial Management & Data System, v.94, n.4, pg 15-23, 1994.
- 15- KANET, J.J., **Real decision support for production scheduling and control**, Production & Inventory Management, September, pg 24-25, 1991.
- 16- KOSANKE, K.; KLEVERS, T., **CIM: architecture for enterprise integration areport on current developments**, Computer Integrated Manufacturing Systems, v.3, n.1, feb 1990.
- 17- LAWRENCE, A., **MRP, OPT, JIT: the facts**, Industrial Computing, set 1987.
- 18- LECOMTE, C. ; DEJAX, P., **A dcision support system for the production control of make-to-order workshop**, In Proceedings of First IFOPS Specialized Conference on Decision Support Systems, March 26-29, Bruges, Belgium, 1991.
- 19- LIMA, N. P.; SIMON, A. T., **Novas ferramentas para projeto modelamento e avaliação dos FMS**, Revista Máquinas e Metais, pg 28-41, abril de 1995.
- 20- LIU, C.L.; LEYLAND, J.W., **Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard-real-time enviroment**, Journal of the ACM, pg 46-61, 1973.
- 21- LOUREIRO, F.M., **Programação da produção utilizando o Preactor**, Apostila do curso de programação da produção, Joinville, 1997.

- 22- MELLO, M.C.F.; BREMER, C. F.; ROZENFELD, H., **Localização do planejamento fino e controle da produção na manufatura integrada**, Anais do ENEGEP, Florianópolis, 1993.
- 23- MELLO, M.C. F.; ROZENFELD, H., **Planejamento fino da produção como elo de integração do chão de fábrica**, X COBEM, Brasília, 1993.
- 24- MELLO, M.C.F., **Desenvolvimento de um sistema de programação visual e controle da produção assistido por computador**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica, USP, São Carlos, 1994.
- 25- MELNYK, S.A.; VICKERY, S.K.; CARTER, P. L., **Scheduling, sequencing and dispatching: alternative perspectives**, Production and Inventory Management, pg 58-66, 1986.
- 26- NACIF, R.S.; SOUZA, A.S., **Desenvolvimento de um sistema automático de coleta de dados em um ambiente job shop**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 27- NUNES, A. R. P.; COSTA, R. S.; VOTO, F. B.; JARDIM, E. G. M., **O uso integrado do JIT, MRP II e simulação numa empresa que conjuga produção repetitiva e produção sob encomenda**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 28- PALOMINO, R. C., **Aspectos relevantes na implantação do MRP II**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 29- ROZENFELD, H., **Sistemas CAPP: seus conceitos, casos práticos e desenvolvimentos**, Revista Máquinas e Metais, março, pg.124-142, 1994.
- 30- SCHEER, A. W., **CIM: Evoluindo para a fábrica do futuro [CIM: towards the factory of the future]**, Primeira Edição, Tradutores: PATRICE, C.F.X.; MANGELS, M., Rio de Janeiro, Editora Quality, 1993.
- 31- SCHÜTZER, K., **Detalhamento orientado para fabricação como base para integração de sistemas CAD/CAPP**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.

- 32- SUCOMINE, R. K.; RESENDE, M. O., **Uma proposta de estimativa e controle do “lead-time” de manufatura**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 33- TEIXEIRA, R. C. F.; TEIXEIRA, I. S., **Uma análise de como implementar os princípios da filosofia JIT**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 34- THOMAS, M., **Inventory control: the move to the PC**, IIE Solutions, pg 19-29, 1997.
- 35- TUBINO, D. F.e DANNI, T. S., **Avaliação operacional no ambiente just-in time**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.
- 36- TUBINO, D.F., **Manual de planejamento e controle da produção**, Primeira Edição, São Paulo, Editora Atlas, 1997.
- 37- ZACARELLI, S.B., **Programação e controle da produção**, Sétima Edição, São Paulo, Editora Pioneira, 1987.
- 38- ZUIN, D., **Finite scheduling**, Computing, pg 22-24, 1993.
- 39- WICHMANN, K.E., **Simutation-based production schedule generation**, Production Planning & Control, v.1, n.3, pg 179-189,1990.
- 40- WALKER, R. A., **A produtividade antes e depois da implementação do planejamento do processo assistido por computador**, Anais do 16º Encontro Nacional de Engenharia de Produção- ENEGEP, 1996.