

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA**

**UNIARA**

**Programa Nacional de Pós-Doutorado - PNPd/2009**

**Editais MEC/CAPES e MCT/FINEP**

**Tecnologias de Informação para a integração da  
manufatura, com ênfase à programação da produção.**

**Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior**

**2009**

# SUMÁRIO

<b>Resumo</b>	<b>04</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>05</b>
<b>2. Programação da Produção</b>	<b>06</b>
<b>2.1 Diferença entre planejamento da produção e programação da produção</b>	<b>09</b>
<b>2.1.1 Benefícios da programação da produção</b>	<b>10</b>
<b>2.1.2 Gerenciamento da ordem de produção e da programação das ordens</b>	<b>10</b>
<b>2.1.3 Gap entre Teoria e Prática</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Mundo Contemporâneo</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Níveis hierárquicos do Planejamento, Programação e Controle da Produção</b>	<b>17</b>
<b>2.3.1 Planejamento em nível macro</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Fator de Carga</b>	<b>20</b>
<b>2.4.1 Planejamento em nível intermediário</b>	<b>22</b>
<b>2.4.2 Planejamento em nível micro</b>	<b>23</b>
<b>2.5 Variável Tempo</b>	<b>25</b>
<b>2.6 Integração entre o Nível Intermediário e o Nível micro do Planejamento, Programação e Controle da Produção junto ao APS</b>	<b>27</b>
<b>3. Justificativa</b>	<b>29</b>
<b>4. Objetivo</b>	<b>32</b>
<b>5. Plano de trabalho</b>	<b>33</b>
<b>6. Metodologia</b>	<b>34</b>
<b>7. Resultados Pretendidos</b>	<b>35</b>
<b>8. Equipe Técnica</b>	<b>36</b>
<b>9. Número de Cotas</b>	<b>37</b>

<b>10. Estimativa Orçamentária</b>	<b>39</b>
<b>11. Infra-estrutura física e tecnológica necessária</b>	<b>40</b>
<b>12. Estimativa da porcentagem de aplicabilidade do projeto</b>	<b>40</b>
<b>13. Contrapartida e acervo da Instituição preponentes</b>	<b>41</b>
<b>14. Possível aderência do projeto à Lei número 10.97304, Lei de inovação tecnológica</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>43</b>

**TITULO DO PROJETO:**

Tecnologias de Informação para a integração da manufatura, com ênfase à programação da produção

**RESUMO**

A programação da produção envolve formas de tomada de decisão as quais executam regras cruciais pertinente ao modelo do sistema produtivo tanto na indústria de manufatura quanto de serviços. No ambiente competitivo atual, a programação efetiva das operações dos sistemas produtivos tornou-se uma necessidade à sobrevivência da empresa no mercado. O tema ainda é tratado de forma incipiente nas empresas brasileiras o que implica na falta de conhecimento dos softwares especialistas em programação disponíveis no mercado e dos conceitos teóricos inerentes ao tema, o que pode resultar em um desperdício significativo da vantagem competitiva desejada.

A programação da produção passou a ser levada a sério na manufatura no começo do século passado com o trabalho pioneiro de Henry Gantt e outros. Contudo, alguns anos se passaram até o surgimento das primeiras publicações sobre programação na literatura em pesquisas na área de operações. Algumas dessas primeiras publicações apareceram na “Naval Research Logistics Quarterly” no início da década de 1950 contendo os resultados dos trabalhos de W. E. Smith, S. M. Johnson e J. R. Jackson. Durante a década de 1960 uma quantidade significativa de trabalhos surgiu sobre formulações da programação dinâmica e da programação inteira dos problemas de programação. Após o famoso artigo de Richard Karp sobre a teoria da complexidade, a pesquisa na área a partir da década de 1970 focou principalmente sobre a hierarquia da complexidade dos problemas de programação da produção. Na década de 1980 alternativas para a solução dos problemas inerentes à programação da produção passaram a ser o foco da academia e da indústria com um aumento significativo de atenção voltada aos problemas de programação estocástica ou probabilística da produção. Este projeto de pesquisa visa resgatar a evolução da teoria disponível na literatura do tema abordado a partir do desenvolvimento do Gráfico de Gantt em torno de 1917, suas limitações e projeções futuras além das aplicações atuais em empresas de segmentos distintos.

## 1. Introdução

As principais atividades do processo de gestão da produção são o planejamento, a programação e o controle da produção (CORREA et al., 1997). O termo Planejamento e Controle da Produção (PCP) podem ser definidos como sendo um conjunto de atividades gerenciais a serem executadas para que se concretize a produção de um produto (PIRES, 1995). A integração dessas atividades determina quão bem a empresa irá atender aos seus clientes e ganhar uma posição competitiva no mercado (VOLLMANN et al., 1997). Além disso, essa integração pode introduzir melhorias significativas para a eficiência das condições de produção, através da redução de conflitos de programação, redução do tempo de fluxo e dos materiais em processo, aumento da utilização dos recursos da produção e adaptação a eventos irregulares do chão de fábrica (KIM et al., 1997).

Independentemente do sistema produtivo e abordagem utilizada pelo PCP, existem algumas atividades que são tradicionalmente inerentes à sua realização (PIRES, 1995). Segundo ARNOLD e CHAPMAN (2001), as cinco atividades principais realizadas pelo planejamento e controle da produção são as seguintes:

- Planejamento Estratégico do Negócio;
- Plano de Vendas e Operações;
- Plano Mestre de Produção;
- Planejamento das Necessidades de Materiais;
- Compras e Controle das Atividades de Produção.

Para MARDEGAN et al. (2003), a utilização atual de sistemas computacionais no suporte ao desenvolvimento dessas atividades está se tornando um critério qualificador entre as empresas. Devido ao grande volume de dados existentes para o processo de tomada de decisão, faz-se com que o uso de sistemas de informação na gestão da produção seja cada vez mais necessário.

Neste contexto, FERRAZ JR e OLIVEIRA (2005) apontam que o uso de informações imprecisas e dados incorretos podem prejudicar enormemente o processo de tomada de decisão. Tradicionalmente, os métodos de monitoramento da produção são baseados em apontamentos manuais.

A coleta manual de informações mostra-se deficiente quanto à confiabilidade, velocidade de atualização, detecção de não conformidades e outros fatores prejudiciais à produção, além de gerarem redundância de trabalho na coleta e alimentação de banco de dados. Conseqüentemente, as informações geradas a partir desses apontamentos podem criar uma percepção diferente da realidade, e com um retardo suficiente para impossibilitar decisões críticas a partir das mesmas.

Assim, o fluxo de informações entre os sistemas de Tecnologia de Informação (TI) dos altos níveis gerenciais e dos níveis de automação de chão de fábrica é altamente desejável. Empreendimentos de manufatura cada vez mais requerem que seus equipamentos sejam integrados com os demais sistemas de TI, estabelecendo-se assim níveis de hierarquia de dentro de um sistema de automação.

## **2. Programação da Produção**

A Programação da produção consiste em alocar recursos limitados para a execução de tarefas ao longo do tempo. Segundo Britan (1983) “A programação da produção se interessa pela alocação de recursos e o seqüenciamento de tarefas para produzir bons produtos e serviços.

Apesar da alocação de recursos e das decisões de seqüenciamento ser diretamente relacionadas, é muito difícil para um modelo realizar matematicamente a interação entre elas.

Contudo, através do uso do conceito de seqüenciamento hierárquico, a alocação dos recursos e os problemas de seqüenciamento das tarefas podem ser resolvidos separadamente. Primeiro o problema da alocação dos recursos é resolvido e seus resultados são fornecidos como entradas para o problema de seqüenciamento das tarefas.

O problema de alocação de recursos às vezes pode ser resolvido usando técnicas de planejamento da produção de modo agregado, ou seja, em um primeiro momento deve-se especificar completamente a entrada do problema de seqüenciamento das tarefas através do resultado detalhado da 1ª fase ou projeção da demanda através do plano mestre da produção.

Uma relação dos componentes necessários para a produção, com o propósito de atendimento à demanda, pode ser obtida de um modo seqüencial usando o sistema de planejamento das necessidades de materiais MRP.

É importante ressaltar que apesar de o MRP continuar a ser de uso popular na prática, alguns problemas necessitam ser resolvidos para tornar a ferramenta de planejamento mais efetiva na execução do plano de materiais, como por exemplo, a aplicação de modelos probabilísticos na gestão do inventário de componentes e matérias primas.

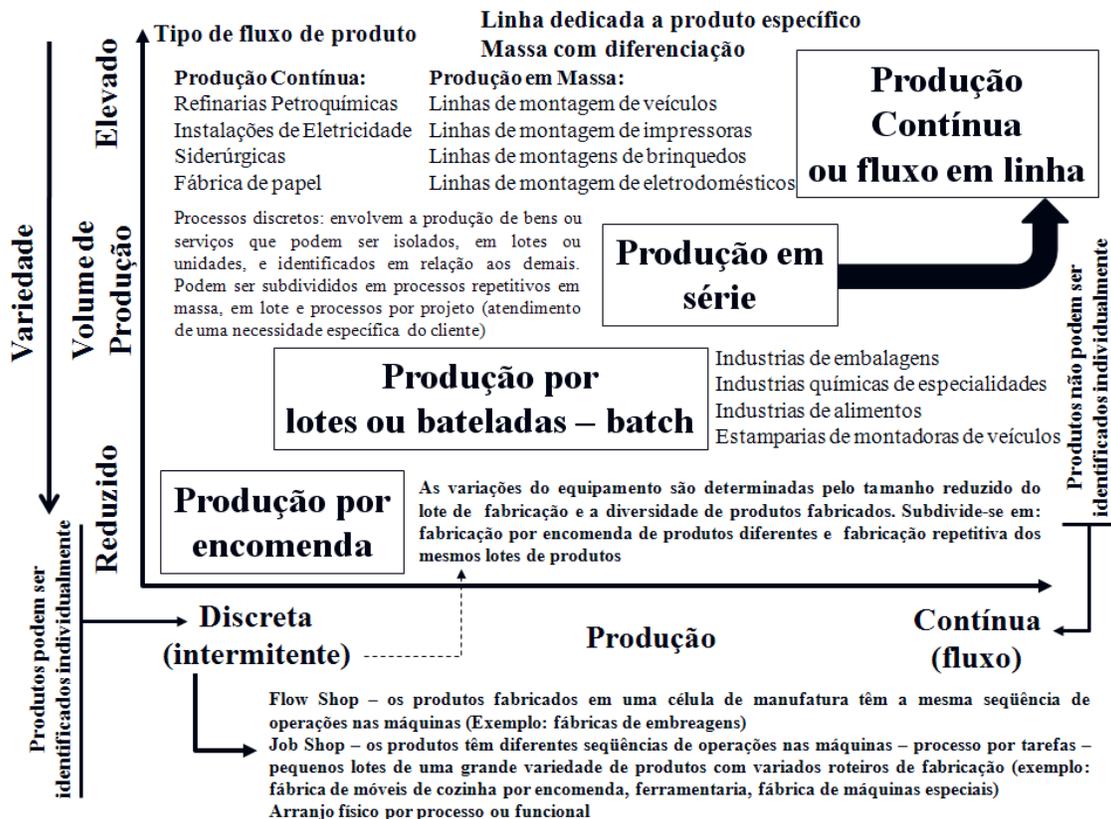
Segundo Hermann (1983) em função da complexidade da programação da produção há três visões diferentes a respeito da programação:

**Perspectiva da solução do problema:** é a visão da programação quanto a um problema de otimização de recursos. Trata da formulação da programação quando um problema de otimização combinatória de forma isolada se encontra no planejamento da manufatura e no sistema de controle local. A modelagem deve considerar as variáveis do sistema e as restrições existentes no processo de alocação e seqüenciamento dos recursos.

**Perspectiva do tomador de decisão:** é a visão de que a programação é uma decisão que um homem deve tomar. Programadores realizam uma variedade de tarefas e usam tanto informações formais quanto informais para a realização dessas tarefas. Os programadores devem tratar das incertezas, gerenciarem os gargalos e antecipar os problemas que as pessoas causam.

**Perspectiva organizacional:** é uma visão de um nível do sistema de que a programação é parte do complexo fluxo de informação e do processo de tomada de decisão que constitui o planejamento da manufatura e o sistema de controle. Tais sistemas são tipicamente divididos em módulos que realizam diferentes funções tal como planos mestres da produção e planejamento das necessidades de materiais.

Ainda de acordo com Bayindir (2005) a programação da produção pode ser classificada a partir dos critérios descritos a seguir caracterizados na Figura 1.1.



**Figura 1.1 – Tipo de fluxo de produto**

1. Tipo de fluxo

- (a) Flow shop: Todas as tarefas têm fluxo de processos idênticos e requerem a mesma seqüência das operações.
- (b) Job shop: As tarefas têm diferentes fluxos de processo e podem requerer seqüências significativamente diferentes das operações.

2. Tipo de processo

- (a) Processamento unitário: tarefas são processadas uma a uma.
- (b) Processamento em lote ou batelada: um número de tarefas é processado junto como um lote.

3. Padrão de liberação da tarefa (o tempo de liberação da tarefa é o tempo no qual o processo pode ser iniciado)

- (a) Estático: tarefas são (ou assume-se que são) liberadas para o chão da produção no tempo zero.
- (b) Dinâmico: tarefas são (ou assume-se que são) liberadas para o chão da produção no tempo necessário.

4. Configuração do centro de trabalho
  - a. Máquina dedicada
  - b. Máquinas idênticas em paralelo
  - c. Máquinas similares em paralelo
  - d. Máquinas não relacionadas em paralelo
  - e. Máquinas em operação com sobreposição

### 2.1. Diferença entre planejamento da produção e programação da produção

Segundo Barták (1999) “a diferença essencial está na resolução do plano ou programação resultante. Enquanto o planejamento industrial trata das tarefas contidas em planos gerais para períodos mais longos de tempo onde atividades são designadas para os departamentos, a programação industrial trata das tarefas contidas em programações detalhadas para máquinas individuais em um período de tempo mais curto”.

“A partir desse ponto de vista, a programação pode ser vista como uma alta resolução de um planejamento em um período de tempo mais curto”.

Barták (1999) também define um novo planejamento em conjunto com o seqüenciamento da programação de acordo com a Figura 1.2.

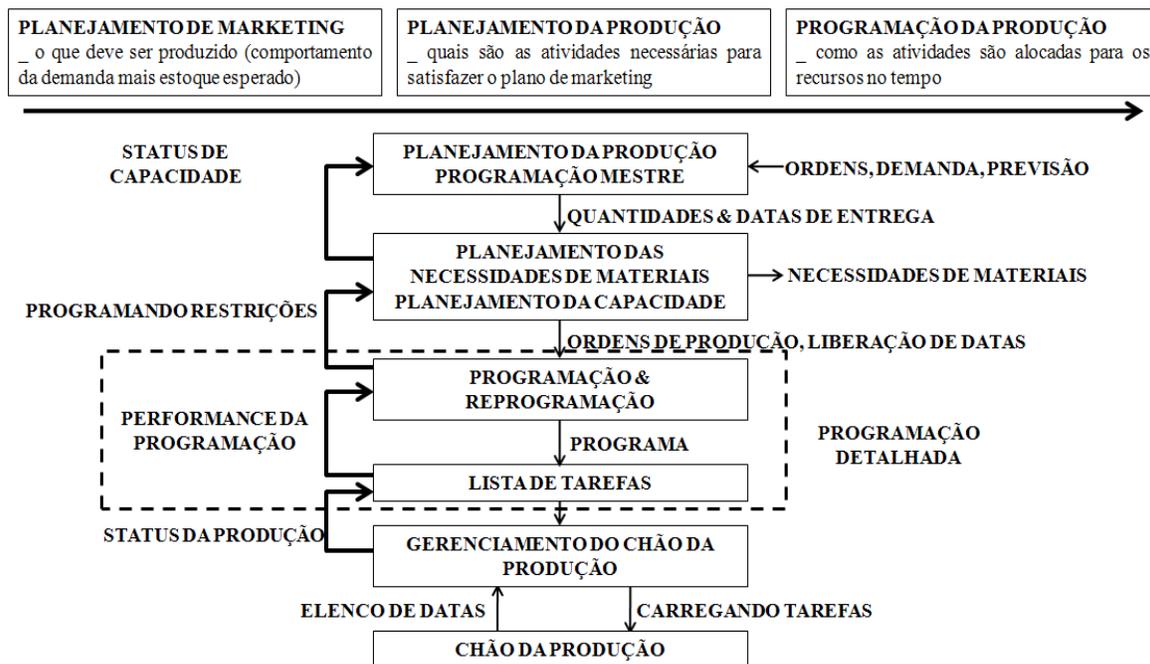


Figura 1.2 – Hierarquia do planejamento – Barták (1999)

### **2.1.1. Benefícios da programação da produção**

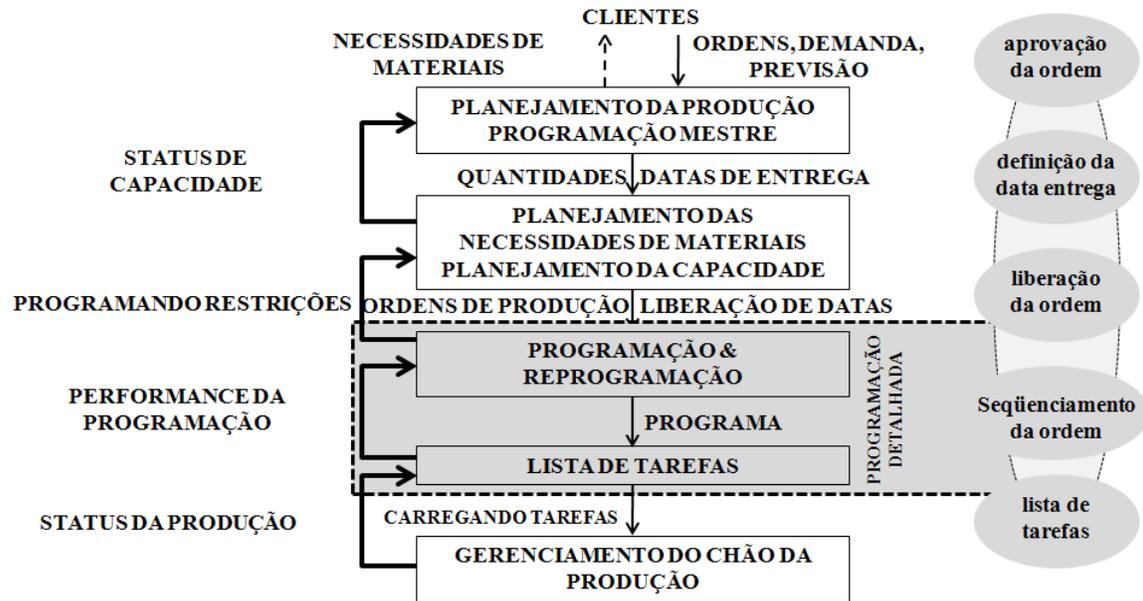
Há algumas metas e benefícios da programação da produção descritos a seguir.

Uma programação da produção pode determinar tanto se uma promessa de entrega pode ser cumprida quanto identificar os períodos de tempo disponíveis para a manutenção preventiva. A seguir são relacionadas vantagens efetivas do processo de programação da produção.

- Uma programação da produção determina ao pessoal do chão da fábrica uma relação explícita do que deve ser feito de modo que os supervisores e gerentes podem medir seu desempenho.
- Minimiza o estoque em processo – Work in Process – WIP
- Minimiza o tempo de fluxo médio do sistema
- Maximiza a utilização da máquina ou do trabalhador
- Minimiza os tempos de setup
- Uma programação da produção pode identificar conflitos do uso de recursos, controle da liberação das tarefas da produção e assegurar que as matérias primas requeridas estejam ordenadas no tempo
- Melhora a coordenação do aumento da produtividade e a minimização dos custos operacionais

### **2.1.2. Gerenciamento da ordem de produção e da programação das ordens**

O gerenciamento das ordens de produção é vital para assegurar que os sistemas de resposta à demanda ETO, CTO, MTO, ATO/FTO, MTS, de acordo com as estratégias de manufatura atendam a seus objetivos. Pinedo (1995) ilustra o fluxo de informações e a hierarquia de procedimentos relacionados e como uma ordem é processada via o planejamento da capacidade, programação e atividades listadas para o gerenciamento do chão da fábrica de acordo com a Figura 1.3.



**Figura 1.3 – Decisões chave em diferentes estágios do gerenciamento dos processos envolvidos da ordem de produção, planejamento da produção e programação das operações (Order Management, Production Planning, and Operations Scheduling – OMPPS) a partir de Kempainen (2005) o qual se baseou em Pinedo (1995)**

O gerenciamento da ordem de produção é relacionado com o planejamento da capacidade, nível de utilização corrente da produção, prioridade de cliente e o aprazamento baseado na data devida. Alguns dos clientes podem ter um de acordo com a empresa de modo que nós podemos determinar a prioridade mais alta de acordo com a negociação. A utilização de recursos é feita considerando esses fatores. Quando aceita-se uma ordem considerando como possível determinar o intervalo de prazos baseado no tempo e no estado corrente do nível da produção, torna-se mais fácil o gerenciamento da fábrica.

### 2.1.3. O Gap entre a teoria e a prática

Programações baseadas em aplicações de computador são muito raras atualmente segundo Pinedo (1995).

*“Apesar do fato que durante esta última década muitas empresas tem feito grandes investimentos no desenvolvimento de ferramentas específicas para a programação da produção, tanto quanto na implantação dos sistemas de programação, não há muitos sistemas sendo usados regularmente”.*

*“Sistemas, após serem implementados, muitas vezes permanecem somente por um determinado período de tempo, sendo na maioria das vezes, por uma razão ou outra, ignorados completamente”.*

O mundo real é de qualquer maneira diferente do mundo idealizado pelos modelos de computadores de modo que há algumas restrições sem uma solução de imediato, há também um intervalo de variação da acuracidade das informações além das mudanças repentinas da programação da produção por problemas diversos. Berlung (1997) menciona em seu artigo: **“O resultado do processo de programação é influenciado pelo programador o qual adiciona capacidades humanas que não podem ser automatizadas, resolvendo um problema quando o sistema técnico falha e negociando entre os grupos envolvidos a fim controlar a incompatibilidade dos objetivos”.**

A influência da tecnologia sobre as limitações do sistema de programação da produção é equivalente as ferramentas de programação disponíveis atualmente.

A organização, finalmente, influencia o resultado como um todo quanto à proximidade entre os empregados, tratando as estruturas, a posição dos programadores na hierarquia do ambiente de programação da produção e sua função interconectando atividades de diferentes áreas organizacionais.

Também, Wiers (1997) apresentou a aplicabilidade da pesquisa das operações e técnicas de inteligência artificial e suas falhas na prática:

1. **Robustez.** Robustez refere-se à extensão na qual uma programação deve permanecer inalterada quando a informação na qual uma programação é baseada muda. A robustez evita nervosismo na programação em situações com incerteza. Muitos autores reconhecem que o nervosismo deve ser evitado tanto quanto o possível.
2. **Complexidade.** A complexidade é usada freqüentemente para construir e pode ser definida de muitos modos.

Neste contexto, a complexidade refere-se ao número de elementos do mundo real que são relevantes para o problema de programação e os relacionamentos entre esses elementos. A complexidade refere-se ao número de elementos reais que são relevantes para o problema da programação e o relacionamento entre eles. Alguns dos assuntos mencionados estão ligados pela complexidade do problema, tal como: simplificado de mais e o domínio do conhecimento do problema.

3. **Medida de desempenho.** Os critérios de otimização de algumas técnicas de programação não tratam do critério usado na prática. Na prática, o desempenho é muitas vezes um material de julgamento pelo programador humano e pode ser assunto para negociação.

4. **Entrada fixa versus entrada variável.** Muitas técnicas de programação assumem que a informação de entrada é determinada e não pode ser alterada. Contudo, na prática, a situação muitas vezes não acontece: entradas, tal como a disponibilidade de capacidade pode ser alterada se o programador julgar necessário.

5. **Fixação Organizacional.** A relação da tomada de decisão na programação com outras áreas da organização, compondo um cenário mais amplo com essas outras partes da organização, não é considerada geralmente nas técnicas de programação.

6. **Disponibilidade e acuracidade dos dados.** O processo de programação predominantemente depende da disponibilidade de dados com acuracidade. Se essa condição não é encontrada, a programação deve estar incorreta e não pode ser executada apropriadamente.

7. **Interação com o programador humano.** É reconhecido por alguns autores que o programador humano deve permanecer como um fator indispensável no processo de programação. Contudo, algumas técnicas não consideram a interação com o programador.

8. **Aprendendo a partir da experiência** (Técnicas de inteligência artificial). A inteligência que é desenvolvida na inteligência artificial a partir das técnicas de programação não é na maioria das vezes estável na prática. Contudo, esses sistemas devem aprender com a experiência para manter a base da sua inteligência atualizada. Contudo, muitas das técnicas de programação com inteligência artificial não são capazes de aprender a partir da experiência e por essa razão podem tornar-se obsoletos.

9. **Disponibilidade e confiabilidade dos especialistas** (Técnicas de inteligência artificial). A inteligência da inteligência artificial é baseada nos sistemas de programação e às vezes inclui a especialidade que deve ser obtida a partir de um especialista humano. Contudo, em muitos casos, esta “**expertise**” não pode ser adquirida adequadamente.

## **2.2. Mundo Contemporâneo**

A constituição de um mercado comum internacional impôs as organizações mudanças específicas em seus processos operacionais o que caracterizou o efeito da globalização e estabeleceu formas diversificadas de acesso a matérias primas, componentes e produtos fabricados dando mais ênfase à programação da produção, ainda que de modo incipiente na grande maioria das empresas brasileiras.

Contudo, em qualquer parte do mundo empresas dispostas a fabricar essa gama de itens com matérias primas específicas em seus processos de fabricação, em uma amplitude de diversificação jamais vista, devem se adequar a essa nova realidade operacional.

O que implica em montar produtos acabados com componentes específicos e distribuí-los o que vem a contribuir de modo muito mais efetivo do que no século passado para com o perfil mais exigente do consumidor final, diante de um universo de opções jamais visto. Neste contexto esse mesmo consumidor mais ávido a inovação passa a adquirir produtos diferenciados em tamanho, cor, design, tecnologia e outras especificidades o que reforça a importância da programação da produção.

A partir desse novo cenário competitivo e internacional movido pelo consumo e pela inovação constante de novos produtos e novas tecnologias estabelecesse mudanças significativas às organizações quanto à estrutura e infra-estrutura envolvidas na operação do fluxo de materiais desde a aquisição da matéria prima até a entrega do produto acabado ao consumidor final. A complexidade dos processos de negócios envolvidos nas cadeias de suprimentos e redes de cooperação deve tornar a gestão, mais eficiente e eficaz das empresas de manufatura que buscam soluções da programação da produção em sistemas especialistas desenvolvidos para atender necessidades específicas.

Tais ferramentas mudam o processo decisório do Planejamento, Programação e Controle da Produção permitindo um maior controle e acuracidade dos dados envolvidos em todo o processo.

A capacidade dos sistemas de informações e a capacidade dos gestores de coordenar todo o processo tornam-se imprescindíveis. Nesse contexto é fato também a importante participação da tecnologia da informação a qual desempenha um papel fundamental na integração e na rapidez com que as informações são transmitidas e tratadas pelos elos envolvidos nesse sistema global.

Muda desse modo, a partir da década de 1990, o cenário competitivo das organizações de manufatura envolvidas pelo aumento da concorrência e pela amplitude do “spectrum” da diversidade de produtos disponíveis no mercado, agora de cunho internacional. Além do aumento da variedade de produtos a serem oferecidos os fabricantes passam a disponibilizar produtos personalizados a partir de determinadas cores, acessórios e particularidades pertinentes a uma determinada linha de produtos caracterizando um novo conceito para os sistemas produtivos: a customização em massa, a qual requer mecanismos de controle e de programação da produção distintos dos aplicados até então.

Entre os mecanismos de controle e programação está à parametrização dos sistemas de inventário ao longo da cadeia dimensionando os estoques de componentes e matérias primas de acordo com o nível de padronização dos elementos componentes da estrutura de produto do mix a ser fabricado, uma programação efetiva das operações deve contribuir para a melhora do desempenho desses sistemas.

Nesse caso a busca de um nível de padronização adequado a capacidade de resposta da cadeia de suprimentos passou a ser um desafio para essas empresas a fim de adequar o fluxo de materiais quanto ao controle e a programação sem descaracterizar o conceito “customização em massa”.

Um dos maiores entraves do processo de parametrização dos sistemas especialistas no controle e dimensionamento de inventário é o tratamento dos parâmetros de dimensionamento de estoque a partir de políticas envolvidas nas estratégias de atendimento à demanda e da programação da produção como especificado ao longo do texto.

O procedimento de retificação desses parâmetros na grande maioria dos casos ocorre manualmente e de modo estático na operação do sistema havendo a necessidade de um esforço enorme dos envolvidos em ajustar tais parâmetros de acordo com as mudanças de consumo.

O fato é que na maioria dos ambientes de manufatura a variedade de itens é muito grande e o ajuste manual de parâmetros é extremamente trabalhoso. Há segundo alguns autores modelos probabilísticos que ajustam os parâmetros de acordo com o comportamento da demanda exportando os dados referentes aos parâmetros para o sistema de controle de inventário e emissão das listas de materiais, integrado com o software especialista em programação da produção.

Além da segmentação dos componentes e matérias primas da estrutura do produto, na busca de um nível de padronização adequado ao fluxo de materiais e ao sistema de produção, identificou-se também a necessidade de se estabelecer e medir indicadores de desempenho pertinentes ao sistema. Os indicadores atuam no sentido de validar as decisões tomadas com relação ao atendimento das necessidades e expectativas desse novo cenário competitivo, relevantes ao mercado consumidor ávido a produtos que atendam seus pré-requisitos, principalmente quanto ao quesito custo baixo.

De acordo com esse quadro o pré-requisito preço, tempo de entrega, customização pertinente ao segmento de produto, entre outros passam a compor um cenário de elevada competitividade.

Como consequência a qualidade deixa de ser um pré-requisito e passa a ser parte do produto final, matéria prima ou componente, o problema agora é desenvolver um modelo de Gestão da Produção que integre todas as variáveis de processo relacionadas aos recursos transformadores e recursos transformados de modo a garantir decisões assertivas quanto ao atendimento dos propósitos da manufatura.

Além dos indicadores relacionados ao processo de fabricação há a necessidade também da identificação de indicadores específicos do fluxo de materiais a fim de medir e estabelecer indicadores de desempenho importantes à cadeia de suprimentos, envolvendo a identificação dos níveis de estoques distribuídos ao longo do sistema interligando as duas pontas, ou seja, fornecedores e consumidores finais.

De acordo com o novo contexto exposto há um grande desafio à frente dos profissionais que atuam na área de Gestão da Produção e conseqüentemente reconhecem a necessidade da quebra de paradigmas que emperram os sistemas de produção de se adequarem a essa nova realidade.

Esse entendimento representa um avanço, mas não se traduz em solução ou soluções efetivas para o problema havendo a necessidade de uma análise mais profunda.

O que deve envolver o estabelecimento de novos conceitos, novos paradigmas e análises mais detalhadas e particulares de cada sistema de produção através de parcerias e estudiosos do assunto, principalmente dando o enfoque da análise quantitativa através de métodos específicos de estruturação e de solução de problemas.

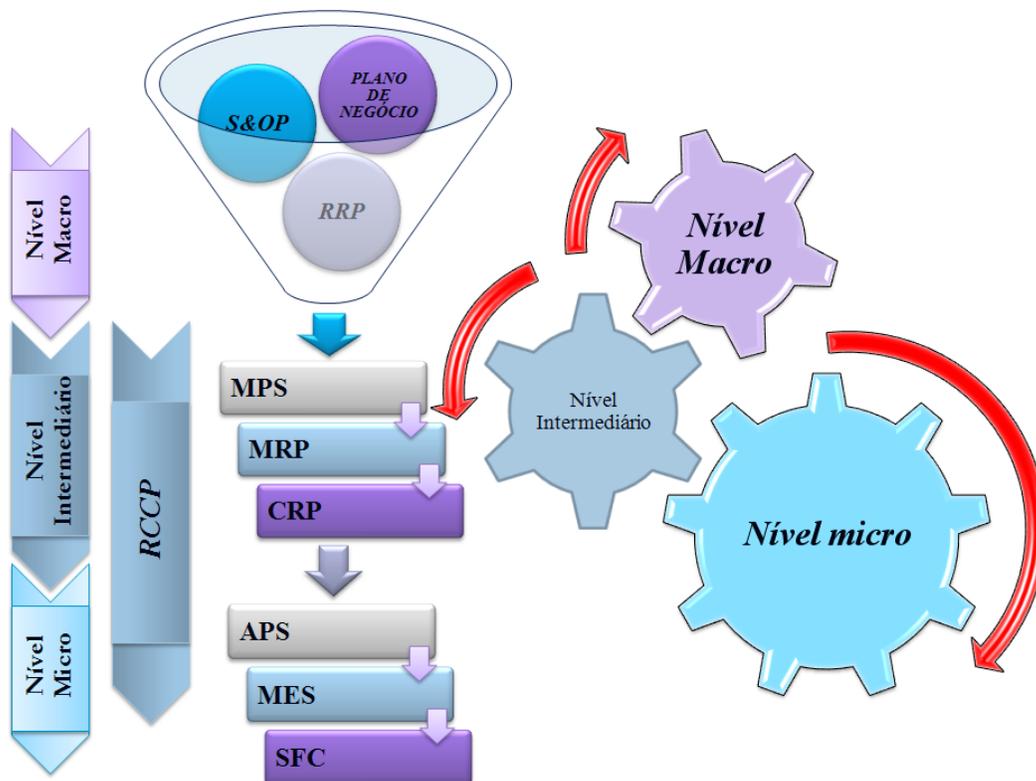
Isso ocorre principalmente quando se trata de sistemas de produção complexos com muitas etapas de fabricação envolvendo diferentes processos e diferentes tipos de produtos em um mesmo sistema. As mudanças caracterizadas até o momento, de forma bastante simplista e evidente para profissionais que militam na área não envolveram as particularidades de um elemento estratégico do sistema: o departamento de Planejamento, Programação e Controle da Produção, o qual é tratado no próximo item.

### **2.3. Níveis hierárquicos do Planejamento, Programação e Controle da Produção**

A Figura 1.4 representa a divisão do processo de planejamento da capacidade e gestão de recursos em três níveis hierárquicos: nível macro, nível intermediário e nível micro com o propósito de demonstrar a importância da integração desses níveis a partir dos processos de negócio envolvidos. De acordo com a Figura 1.4 os três níveis básicos da hierarquia proposta para o planejamento da capacidade estão diretamente inseridos em um processo maior: o Planejamento, Programação e Controle da Produção relacionado a outros processos específicos de cada nível como descrito a seguir.

1. Nível Macro – processos relacionados:
  - a. Processo de definição e ajuste das Diretrizes da empresa documentado no Plano de Negócio;
  - b. Processo de planificação das vendas e planejamento das operações – S&OP (Sales and Operations Planning);

- c. Processo de planejamento da capacidade de longo prazo – RRP (Resource Requirement Planning).
2. Nível Intermediário – processos relacionados:
    - \*\* envolve o processo de planejamento da capacidade de médio e curto prazo – RCCP – Rough Cut Capacity Planning (se estende até o item “a” do nível micro)
    - a. Processo de gestão da demanda – MPS (Master Production Scheduling);
    - b. Processo de gestão de materiais – MRP (Materials Requirement Planning);
    - c. Processo de planejamento de capacidade de curto prazo – CRP (Capacity Requirements Planning).
  3. Nível Micro – processos relacionados:
    - a. Processo de seqüenciamento e programação da produção – APS (Advanced Planning Scheduling);
    - b. Processo de deliberação e controle da fábrica – PIMs/MES (Manufacturing Execution Systems);
    - c. Processo de apontamento das rotinas dos processos de fabricação da fábrica – SFC (Shop Floor Control).



**Figura 1.4 – Níveis hierárquicos do planejamento**

A cada nível e função há a aplicação de ferramentas computacionais específicas desde planilhas eletrônicas passando pelo sistema integrado de gestão até softwares especialistas em programação da produção e gerenciamento do banco de dados do processo de fabricação.

### **2.3.1. Planejamento em nível macro**

O plano de negócio de qualquer organização é uma importante ferramenta organizacional que tem o propósito de apontar as Diretrizes e Estratégias da empresa, contendo as informações necessárias quanto às características, condições e necessidades do negócio com o objetivo de analisar a potencialidade e viabilidade de ajustes necessários frente a novos cenários. É um importante instrumento que ajuda a enfrentar obstáculos e mudanças de rumos na economia ou no ramo em que a empresa atua.

De acordo com a Figura 1.4 o planejamento em nível macro estabelece para a manufatura, a partir do planejamento de vendas e operações (**S&OP**), a partir do plano de negócios, uma diretriz a ser seguida na elaboração do Plano de Produção e Estoques em nível agregado, tipicamente por categoria, família e/ou subfamília de produtos.

Nesta fase com as estratégias competitivas definidas e a intenção de participação da empresa no mercado com base em projeções de venda da linha de produtos o tomador de decisão, a partir do estabelecimento de cenários envolvendo capacidade produtiva e demanda, reconhece a carga de trabalho efetiva para a manufatura com base na disponibilidade de recursos em médio e longo prazo.

Trata-se de uma projeção macro de vendas em nível agregado, por linha de produtos (tipicamente famílias e/ou subfamílias) a serem produzidos pela manufatura em médio e longo prazo. Os números da venda esperada para o mix de produtos contemplados pela projeção podem ser definidos a partir de modelos de previsão de venda, “**feeling**” do departamento comercial, “**feedback**” da rede de distribuidores e do perfil do mix de produtos quanto ao potencial de vendas no período. Todas essas premissas devem ser gerenciadas no período da projeção de vendas agregada em médio e em longo prazo.

Os resultados apontados pelo planejamento de vendas e operações em um primeiro momento são confrontados com o planejamento de capacidade de longo prazo (**RRP**) a fim de delinear um cenário geral de capacidade versus demanda e identificar também se a estrutura de recursos de manufatura atende o potencial de vendas esperado, assim como as operações envolvidas.

Nesta etapa há o cuidado em se estimar as perdas de tempo no fluxo de produção envolvendo movimentação de matéria prima, componentes, estoque em processo, preparação de máquinas operatrizes, retrabalho, inspeções, liberação e separação por ordem de produção entre outras variáveis que reduzem a produtividade da planta em um determinado período de operação.

Para mensurar as perdas é comum estabelecer um parâmetro definido como fator de carga. O qual representa a capacidade efetiva ou líquida do sistema de produção, ou seja, a disponibilidade mais realista possível dos recursos de manufatura.

O fator de carga atribuído ao dimensionamento real da capacidade dos recursos de manufatura da fábrica depende entre outros fatores do sistema de produção adotado e conseqüentemente das particularidades dos produtos fabricados pelo sistema sendo em média, de acordo com a literatura, 75% para o setor metal mecânico e 85% para o setor têxtil. As perdas de produtividade apontadas são críticas na produção “**discreta**” podendo ocorrer pontualmente na produção contínua e por batelada envolvendo questões preponderantes da gestão da manutenção de equipamentos e não na operação em si. É importante ressaltar que nesse nível as ferramentas computacionais aplicadas são o sistema integrado de gestão (ERP) e planilhas eletrônicas.

#### **2.4. Fator de carga**

A estimativa do fator de carga leva em consideração alguns “**fatores**” pertinentes ao processo de produção de acordo com a Figura 1.5.

Considerando como exemplo um conjunto de quatro máquinas que operam em dois turnos de 8 horas diárias de trabalho nos cinco dias úteis da semana, com disponibilidade de 320 horas semanais, estima-se uma perda para esse exemplo de 6,25%

em função da movimentação dos itens e do tempo de espera em fila ocasionada pelo **WIP (Work in Process)**, reduzindo a disponibilidade de 320 horas para 300 horas semanais.

Por fatores mensurados e identificados na operação, normalmente as horas consumidas pela produção na execução das ordens corresponde a 270 horas contra os tempos definidos nos roteiros de produção de cada ordem de produção, de 240 horas com um indicador de eficiência de 88.89%.

Além da perda pela ineficiência dos recursos ou dos processos dificilmente a manufatura garante o uso integral da disponibilidade dos recursos de manufatura. Em função de falhas no seqüenciamento dos roteiros de fabricação nas diversas etapas do processo o que resulta em lacunas de tempo de difícil eliminação.

Esses fatores, dependendo do processo de programação da produção e do delineamento do fluxo de produção resultam como demonstrado em um indicador de utilização de 90% para esse caso específico, ou seja, o tempo de utilização semanal de 270 horas não corresponde às 300 horas de disponibilidade.

A produtividade, como demonstrado na Figura 1.5, prevê o uso de 240 horas contra as 300 horas de disponibilidade, o que garante, a partir da alocação dos recursos, uma perda de produtividade de 20% que em conjunto com a ineficiência aumenta significativamente o uso não efetivo dos recursos do sistema produtivo.

A sobreposição das perdas mensuradas, da ineficiência e da produtividade induz um fator de carga de 75% como mensurado o que reduz significativamente a capacidade da planta, comprometendo os custos da operação.

O dimensionamento do **planejamento da capacidade de médio prazo (RCCP)** é consequência do dimensionamento anterior e ambos dependem do apontamento realizado pelo **controle do chão de fábrica (SFC)** o qual deve contemplar procedimentos automatizados ou não de coleta dos dados da operação, quanto ao tempo de processo de modo preciso. O controle do chão de fábrica deve realimentar constantemente o fluxo de informações ou em uma frequência compatível com as necessidades de reprogramação do sistema.

Há nesse contexto a necessidade da integração entre o nível micro do planejamento e os níveis macro e intermediário a fim de auxiliar no processo de gestão da produção e minimizar a complexidade do ambiente de manufatura, com o propósito de minimizar as perdas apontadas.

máquinas	4	<b>Indicadores</b>		
horas por turno	8	<b>eficiência</b>	<b>utilização</b>	<b>produtividade</b>
número de turno	2	88,89%	90,00%	80,00%
dias úteis da semana	5			
capacidade em horas - semanal	320			
perda	6,25%	<b>eficiência</b> 240 / 270		
capacidade em horas efetivas - semanal	300	<b>utilização</b> 270 / 300		
Horas consumidas pela produção na execução	270	<b>produtividade (1)</b> 240 / 300		
Tempo padrão da operação	240	<b>produtividade (2)</b> 88.89% * 90.00%		
a perda por movimentação, espera em fila (6.25%)		93,75%		
Qual o fator de conversão a ser aplicado a capacidade semanal em horas a fim de se obter a capacidade real do sistema produtivo?				
perda por movimentação, espera em fila (6.25%)	93,75%			
eficiência	88,89%			
utilização	90,00%			
Fator de carga	75,00%	93.75% * 88.89% * 90.00%		

**Figura 1.5 – Dimensionamento do fator de carga (CORRELL 2007)**

#### 2.4.1. Planejamento em nível intermediário

Nesse nível o avanço da tecnologia da informação a partir do MRP passando pelo MRPII e posteriormente pelo ERP o fator integração dos processos de negócio das empresas teve um progresso significativo, mas ainda com restrições quanto ao processo de gestão da produção. É importante ressaltar que o MRPII incorporou o uso de uma lógica estruturada de planejamento que prevê uma seqüência hierárquica de cálculos, verificações e decisões, visando chegar a um plano de produção viável em termos de disponibilidade de materiais e de capacidade produtiva.

No nível intermediário o horizonte de tempo de planejamento é reduzido para um intervalo de tempo de dois a quatro meses envolvendo o processo de planejamento das necessidades de materiais e do planejamento da capacidade de médio e curto prazo.

O plano mestre de produção é constituído pelos pedidos de venda com suas respectivas quantidades, prazo de entrega, prioridades e observações relevantes ao atendimento da demanda, podendo ser para estoque ou para pedido a partir das informações geradas no nível micro.

O primeiro passo subsequente é validar os materiais necessários de acordo com a estrutura do produto e providenciar as solicitações de compra e produção quando necessário, com o aprazamento devido.

O link dessa fase com o processo de elaboração dos planos de capacidade, a partir de um mapa de carga máquina, é fundamental a fim de conciliar a disponibilidade e restrições relacionadas ao processo de fabricação com as de materiais.

A integração das informações tratadas nesse nível, com dados precisos e ajustes ou modificações pertinentes ao processo, deve garantir que as intenções de atendimento à demanda da empresa a partir dos recursos disponíveis e necessários, de modo que sejam realizadas efetivamente. O processo de integração deve garantir que ajustes sejam realizados em uma frequência de atualização compatível com as necessidades do nível macro, o qual representa o cliente e suas necessidades, além de estar alinhado às diretrizes definidas no nível micro o qual representa o processo de transformação capaz de validar ou não os planos elaborados a partir das intenções. Ferramentas computacionais utilizadas nesse nível: basicamente os sistemas integrados de gestão.

#### **2.4.2. Planejamento em nível micro**

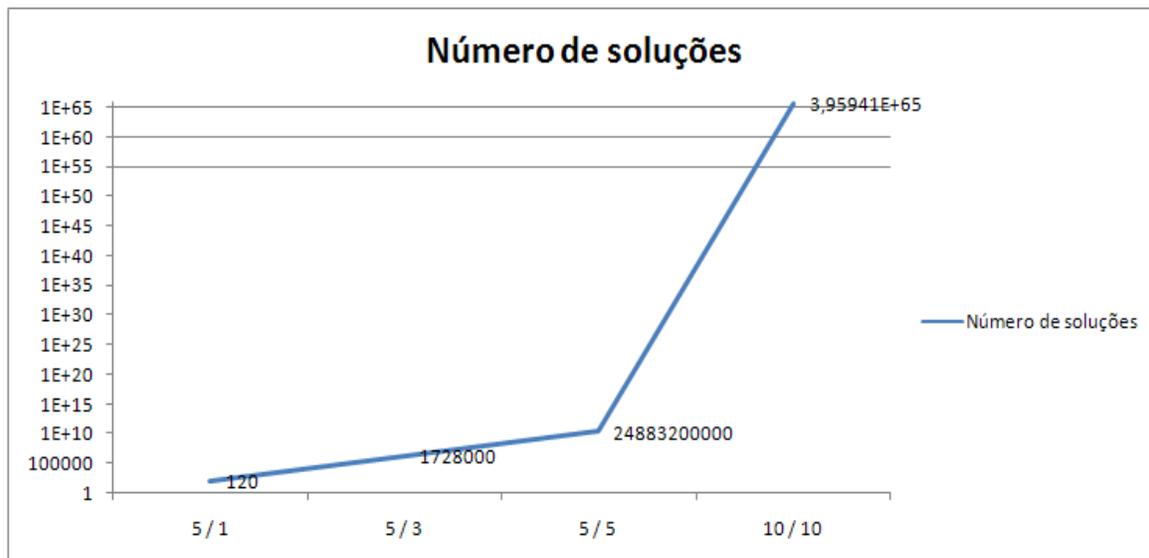
O planejamento em nível micro é responsável pela coordenação da “operação” do processo de transformação, ou seja, da “**Gestão da Produção**” envolvendo um enorme esforço na maximização do uso dos recursos nas atividades envolvidas no processo de fabricação dos itens a partir de prioridades pré-estabelecidas e das intenções definidas nos níveis anteriores, com aplicativos computacionais específicos que devem apoiar todo o processo.

A complexidade desse nível quanto ao processo de programação da produção é demonstrado pelo exemplo da Tabela 1 e Figura 1.6.

O aumento do número de ordens de produção a serem programadas em recursos aumenta exponencialmente a partir do aumento do número de recursos disponíveis de acordo com os dados apresentados. Nesse caso torna-se inviável a elaboração de um plano de produção factível, considerando todas as possibilidades de uso dos recursos de modo otimizado, apenas a partir do programador da produção. A ferramenta computacional especialista em programação, a partir de um modelo que represente todos os processos produtivos com seus recursos é de fundamental importância.

**Tabela 1 – Variação exponencial das possibilidades de programação**

Número de entidades (n)	Número de máquinas (m)	Cálculo	Número de soluções
5	1	$[(5! = 120)]^1$	= 120
5	3	$[(5! = 120)^3]$	1.7 milhões
5	5	$[(5! = 120)^5]$	25.000 milhões
10	10	$[(10! = 3628800)^10]$	$3.96 * 10^{65}$



**Figura 1.6 - Variação exponencial das possibilidades de programação**

O primeiro aplicativo dedicado a “**Gestão da Produção**” com o propósito mencionado é o software especialista em programação da produção APS (Advanced Planning Scheduling) que têm a função de otimizar o uso do recurso a partir da simulação de cenários criados com base em regras de seqüenciamento a partir de prioridades pré-definidas e do modelo computacional desenvolvido, o qual deve representar o sistema de produção real com todos os seus recursos

O principal papel do aplicativo é estabelecer a partir de premissas estabelecidas pelo programador possibilidades de programação em que a escolha do plano de produção, a ser seguido, garanta o atendimento das intenções estabelecidas anteriormente ao menor custo de operação.

Após a definição do plano de produção outros dois aplicativos entram em cena: o PIMS, e o MES. O primeiro é um sistema capaz de buscar os dados onde estiverem e inseri-los num banco de dados temporal com capacidade para meses ou anos. Já os MES se destinam a ser o elo entre os processos e o sistema de gestão da empresa, com o objetivo de agilizar a tomada de decisão por parte da gestão das empresas, fazendo com que as informações cheguem rapidamente às pessoas indicadas.

O SFC dá suporte à atualização dos dados dos processos envolvidos na fabricação no banco de dados mencionado, podendo ser atualizado várias vezes ao dia dependendo da necessidade da empresa.

## **2.5. Variável tempo**

Basicamente dependendo do sistema o parâmetro quanto ao dimensionamento do tempo envolvido no fluxo de produção por item é o “**Lead Time**” o qual compreende alguns componentes de acordo com a Figura 1.7.

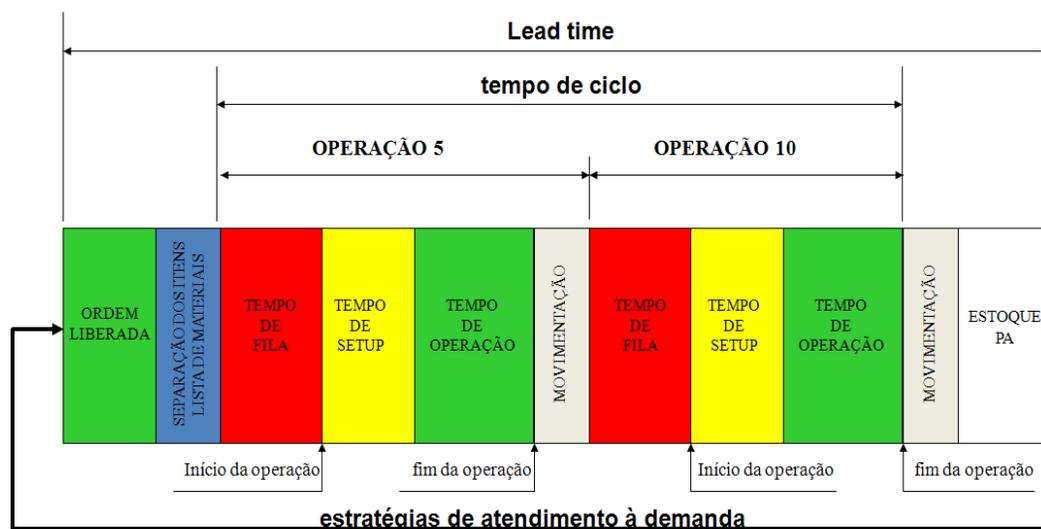
De acordo com CORRELL, J. G., EDSON, N. W. (1999), o Lead Time dependendo do roteiro de fabricação do produto é composto por unidade de tempo distribuída entre a liberação da ordem para a fabricação, separação da lista de materiais, espera ou permanência em fila, setup, operação e movimentação, havendo a repetição do conjunto: tempo de fila, tempo de setup, tempo de operação e tempo de movimentação por operação do roteiro.

Evidente que devem ser consideradas as particularidades do processo de fabricação de cada produto principalmente quando se trata de produção discreta e monitoramento dos tempos mencionados através do SFC – controle de chão de fábrica torna-se fundamental e sua precisão depende do nível de automação inerente ao sistema e procedimentos de controle e apontamento.

É importante ressaltar que o  $\Delta t$  de cada um dos elementos que compõe o tempo de ciclo pode ser significativo ou tender a zero dependendo da configuração do layout o qual é diretamente dependente do produto quanto ao volume a ser fabricado.

O processo de fabricação também influencia de acordo com o roteiro, complexidade na fabricação e montagem do produto envolvendo especificações técnicas e a tecnologia envolvida assim como a dimensão do produto.

Como exemplo enquanto o  $\Delta t$  de um avião, relacionado ao tempo de movimentação pode ser considerável para alguns componentes e em alguma etapa do processo de montagem ou fabricação do componente, o  $\Delta t$  do tempo de movimentação no processo de fabricação de uma embreagem de automóvel é quase que insignificante tendendo a zero.



dependendo da estratégia é importante considerar no termino do ciclo o takt time identifica a taxa de produção mínima para atender ao mercado para produção discreta

Variáveis que influenciam diretamente o resultado final quanto a prazo e quantidade a ser entregue ao mercado: mix de produtos, roteiros de fabricação, layout da produção, recursos transformados e recursos transformadores, fluxo de produção, tempos envolvidos no lead time e estratégias de atendimento a demanda.

**Figuras 1.6 – Variáveis do processo de fabricação (CORRELL – 2007)**

O fato do conjunto de embreagem ter um número de componentes, muito menor do que um avião além da dimensão desses mesmos componentes também ser muito menor resultado em um layout ou configuração da localização dos recursos produtivos também distintos de acordo com o processo de fabricação e montagem.

## **2.6. Integração entre o Nível Intermediário e o Nível micro do Planejamento, Programação e Controle da Produção junto ao APS**

Na década de 40 as montadoras já gerenciavam listas de materiais de seus produtos com mais de 5000 componentes. Caso fosse utilizada uma folha A4 contendo em torno de 50 linhas uma mera lista de materiais de um veículo poderia contemplar na época em torno de 100 folhas sendo datilografadas em máquinas de escrever convencionais.

Não havendo copiadoras a disponibilidade das cópias para compras, engenharia e PCP também deveriam ser datilografadas, além das correções necessárias em função da troca de componentes em função de tecnologia, design ou mudança de componente.

Opcionais dos produtos como rádio, tipos de interior, cores, motorização, câmbio e inúmeros outros itens com certeza causavam transtorno na atualização das listas envolvendo um efetivo de profissionais para esse fim bastante numeroso.

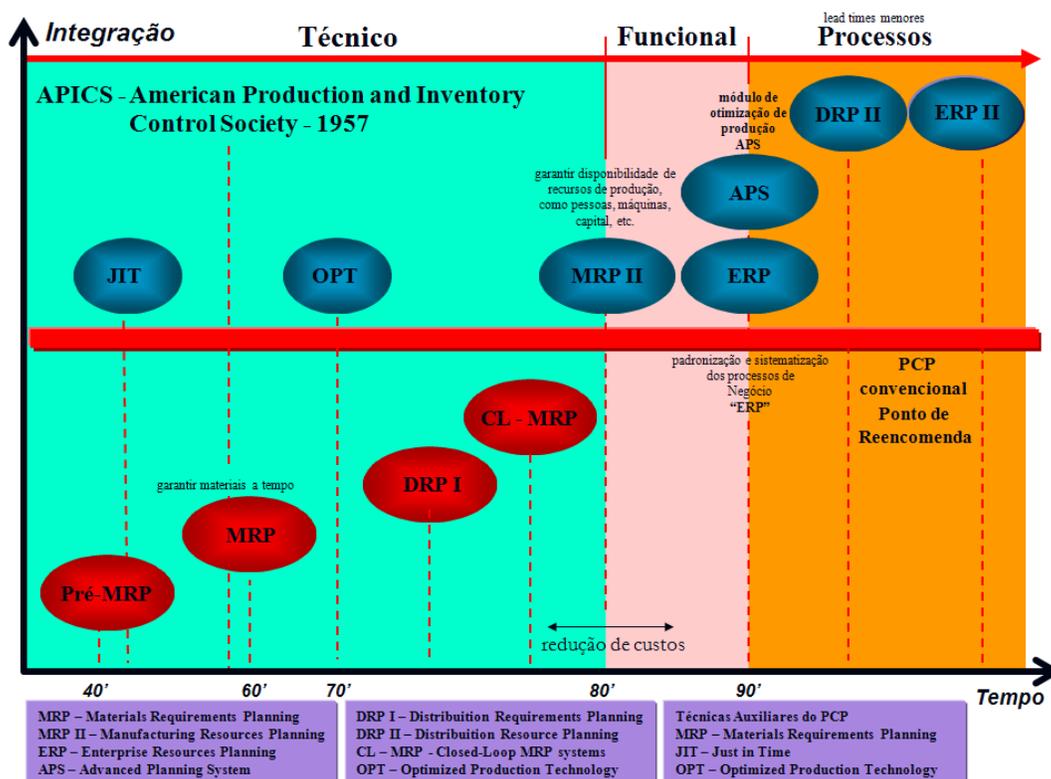
Contudo sem o computador para apoiar as atualizações das listas de materiais o trabalho braçal envolvido era bastante significativo. A partir da década de 50 com o surgimento do computador surgem algoritmos específicos para tratar dessa tarefa como a técnica de planejamento das necessidades de materiais, o MRP (Materials Requirements Planning). A Figura 1.7 ilustra a evolução da tecnologia da informação aplicada à gestão da produção desse período até os dias atuais, ressaltando os softwares especialistas em programação da produção **APS – Advanced Planning System**.

A evolução do MRP ao MRPII se dá posteriormente à necessidade da manufatura controlar não somente os materiais necessários como também todos os recursos de manufatura gerenciando o processo a partir dos roteiros de fabricação, recursos transformadores disponíveis e turno de trabalho.

Nesse intervalo de tempo surge de acordo com as particularidades dos ambientes em que foram desenvolvidas as técnicas auxiliares de planejamento e controle da produção Just-in-time e o Optimized Production Technology cada uma atendendo de acordo com o seu escopo de atuação as necessidades comuns do processo de gerenciamento da fábrica: otimizando uso de recursos e minimizando níveis de estoque em processo.

Nesse nível o grande desafio é estabelecer os critérios e regras de seqüenciamento das tarefas a fim de programar a seqüência das ordens de produção e garantir a minimização do lead time ao longo do processo.

Os recursos utilizados no processo de fabricação, de acordo com o roteiro de fabricação dos produtos, podem ser dedicados e dispostos em um arranjo celular no caso da embreagem e de alguns componentes do avião onde as distâncias a serem percorridas, para a movimentação, são pequenas.



**Figuras 1.7 – Evolução da tecnologia da informação e das técnicas auxiliares do planejamento e controle da produção**

Em virtude dos recursos transformadores estarem localizados próximos uns dos outros para o exemplo anterior, o que não acontece em um sistema produtivo por encomenda de grandes projetos, as variáveis envolvidas no dimensionamento do lead time tornam-se menores

Essa diferença implica em avaliarmos dois pontos relevantes:

1. No caso do avião os roteiros de fabricação envolvem para a programação a definição das rotas a fim de garantir uma otimização com a redução de tempos que compõe o lead time relevantes como o tempo de movimentação;
2. No caso da embreagem o processo de fabricação envolve para a programação o balanceamento de linha a partir do takt time do produto.

No ambiente de programação, o foco da programação é o de atender a demanda e a **data de entrega é a variável de controle**. No ambiente da capacidade, o foco da programação é a utilização dos recursos e a **variável de controle é a capacidade dos recursos**.

### 3. Justificativa

Sabe-se que o uso conjunto de soluções de monitoramento e de coleta automática de dados já é uma realidade de sucesso em indústrias de processos contínuos. Isso se deve à própria natureza desses processos, que exigem monitoramento e controle em tempo real e, principalmente, devido à facilidade de obter dados dos equipamentos do chão de fábrica dessas indústrias, a partir de sensores e coletores de dados com menor complexidade se comparados com aqueles utilizados em empresas de processos discretos. Nestes setores industriais de processos discretos, a complexidade e a quantidade de informações são muitas elevadas, o que dificulta e obscurece a percepção das atividades relacionadas aos processos industriais (MELLO et al., 2000). Apresenta como principais características:

- Alto mix de produtos: devido ao grande número de clientes e produtos, a empresa produz uma quantidade de produtos muito grande e variada. São comuns situações onde cada máquina do chão de fábrica está trabalhando uma ordem de fabricação diferente. Além disso, o mix de produtos em atividade em um período seguinte é, muitas vezes, totalmente modificado.
- Elevada complexidade de produtos (baixa padronização): o perfil genérico dos produtos é relativamente complexo e específico para determinada função, o que dificulta a padronização em famílias de produtos.
- Baixa estabilidade da demanda: devido às necessidades específicas de cada produto/cliente, as ordens de fabricação de um produto não são estáveis, o que dificulta tanto o nivelamento da produção quanto à previsão de demanda e conseqüentemente a programação da produção.
- Baixo volume de produção (de cada produto)
- Produção MTO (Make To Order): a produção só é realizada perante a uma ordem de venda.

Além das características produtivas similares, estas empresas também apresentam problemas semelhantes de gerenciamento. Este é também difícil e complexo, pois a quantidade de informações de produção é muito alta e normalmente de baixa confiabilidade. Estes mesmos motivos tornam a avaliação de desempenho do sistema outra tarefa também muito complexa. Tais características são:

- Diferentes especificidades de cada máquina: os parâmetros de desempenho de cada máquina são diferentes entre si. As informações relevantes de uma retificadora são diferentes de uma prensa ou forno de tempera. Mesmo as especificidades em comum, como produtividade e eficiência, não podem ser comparadas entre máquinas.
- Diferentes especificidades de produto: As diferentes características de cada produto impossibilitam a criação de padrões para a produção. O ritmo de produção, por exemplo, de cada produto é muito diferente e só pode ser comparado com um valor padrão específico para si. Podemos citar o tempo setup (que também é uma especificidade de máquina), os defeitos de fabricação, refugo e retrabalho.

- Estrutura de processos desordenada: como o mix é muito variado, e cada produto exige uma seqüência de atividades diferente, é muito difícil a implementação de linhas e células de produção, pois as quantidades produzidas não justificam a criação de linhas dedicadas.
- Baixa confiabilidade das informações: os dados de apontamento de chão de fábrica muitas vezes não refletem a realidade, o que por vezes mascara alguns problemas e, em outras, apontam para outra direção.

Desta forma, a justificativa deste trabalho está fundamentada na necessidade de se estudar os conceitos e técnicas de programação da produção, e a sua adaptação em cenários atuais das indústrias de segmentos diversos e de sistema de produção discreta através de tecnologias de automação para a integração da manufatura.

O estudo e a compreensão de como se deu o processo de evolução da teoria inerente a programação da produção de modelos determinísticos e estocásticos ao longo do tempo e a identificação das necessidades que permearam esse desenvolvimento ao longo do tempo é de fundamental importância para a área Gestão da Produção e Operações uma vez que a literatura nacional ainda é incipiente.

Além do estudo e compreensão desse processo evolucionário, a oportunidade de se resgatar e compreender os conceitos e técnicas de modelagem existentes na literatura, através mesmo de aplicações práticas nas indústrias regionais, deve contribuir para o desenvolvimento de material didático no âmbito da academia e no âmbito da indústria quanto à disseminação dos conceitos inerentes a programação da produção a fim de contribuir para o entendimento e aplicação no processo de Gestão da Produção e Operações.

É importante ressaltar que as indústrias de segmentos diversos e de sistema de produção discreta além das empresas prestadoras de serviço na sua grande maioria ainda desconhecem as possibilidades de melhoria de desempenho que a programação efetiva da produção pode gerar no ambiente operacional dessas empresas o que pode ser apoiada pelo resultado da pesquisa teórica e prática proposta nesse projeto.

O presente projeto contribuirá para o fortalecimento da equipe de trabalho do programa de pós-graduação da instituição através dos recursos de custeio e da fixação de recém-doutores especialistas em duas áreas distintas, a saber: Gestão da Produção e Operações e Automação da Manufatura.

Assim, consolidará a linha de pesquisa de Gestão da Produção e Operações do programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da instituição a qual deve ter forte interação com a área Automação Industrial. O envolvimento dos docentes: Prof. Dr. Fábio Ferraz Júnior (linha de pesquisa em automação da manufatura), Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior e Prof. Ms. Claudio Luis Piratelli (linha de pesquisa em Gestão da Produção e Operações) em um projeto mais amplo de pesquisa vêm a contribuir para a integração entre as áreas, o que permitirá a exploração teórica e prática de novos conceitos e ferramentas da programação da produção, bem como a utilização de tecnologias para a integração da manufatura. Possibilitará a formação de profissionais acadêmicos e a capacitação de profissionais das indústrias regionais. Inicialmente, entre as indústrias regionais, de acordo com documentação anexa, irão compor o objeto de pesquisa aplicada do projeto:

1. Margirius Indústria de Componentes Elétricos Ltda.

Mestrando: Antônio Marco Vitorelli (colaborador da empresa)

Mestrando: Rubens Parada Neto (colaborador da empresa)

2. Têxtil Godoy Ltda.

Mestrando: Emerson Marcos Minotti

3. Meias Lupo S/A

Mestrando: Carlos Alberto Mazzeu

#### **4. Objetivo:**

Os objetivos gerais deste projeto são:

1. Estudar os softwares especialistas em programação da produção, assim como os conceitos teóricos inerentes à programação da produção e as aplicações. Tais softwares são altamente estratégicos como ferramenta de apoio à gestão do sistema produtivo, permitindo que empreendimentos possam rapidamente se

- adaptar às mudanças de mercado, melhorar atendimento aos clientes, e reduzir custos operacionais.
2. Dentre os diversos níveis hierárquicos de um sistema de planejamento do uso de recursos de manufatura (vide Figura 1.4), propõe-se uma análise mais aprofundada sobre os diversos aspectos da integração de dados entre os níveis de planejamento envolvendo o controle e a supervisão da fábrica. Tais níveis representam os meios para integração do sistema de gestão da produção.
  3. Estudar os sistemas automáticos de aquisição, processamento, armazenamento e apresentação de informações de chão de fábrica, compartilhando informação localmente e remotamente ao longo do empreendimento. Tais sistemas são altamente estratégicos como ferramenta de apoio à gestão do sistema produtivo, permitindo que empreendimentos possam rapidamente se adaptar às mudanças de mercado, melhorar atendimento aos clientes, e reduzir custos operacionais.
  4. Desenvolver protótipos de coleta automática de informações de chão de fábrica e modelo de programação da produção em ambiente acadêmico e industrial.
  5. Propor metodologia para a implementação de sistemas de programação da produção e medição/controle automático para o sistema de manufatura discreto.

Como objetivos específicos, têm-se: a) estudo do processo de evolução histórica da teoria da programação da produção; b) estudo de tecnologias de automação para a integração da manufatura; c) desenvolvimento de material didático que contemple os conceitos relacionados à área e ao tema programação da produção e automação da manufatura; d) estudar modelos de programação da produção; e) análise de algoritmos e ferramentas comerciais para a programação da produção; f) estudar modelos de arquitetura de sistemas de automação e sua interface com o nível gerencial.

## **5. Plano de Trabalho**

O projeto em questão será desenvolvido em cinco anos, conforme cronograma de atividades e metas descritas na tabela a seguir:

Atividades	Meta	Ano1	Ano2	Ano3	Ano4	Ano5
1. Levantamento Bibliográfico: - - Programação da Produção - - Sistemas de Automação para a integração da manufatura	- Revisão completa e atualizada					
2. Levantamento e estudo de softwares comerciais para a programação da produção	- Identificação de aplicativos de mercado que atendam a programação da manufatura discreta					
3. Levantamento de indústrias regionais no segmento da manufatura discreta	- Identificação de empresas parceiras com necessidades e com potenciais para a implementação de protótipo para estudo de caso					
4. Estudo de arquiteturas de coleta automática de informações do processo produtivo da empresa parceira	- Proposta de arquitetura de coleta automática de informações - Protótipo de coleta automática de informações de chão de fábrica e modelo de programação da produção em ambiente acadêmico					
5. Implementação de protótipo na empresa parceira	- Protótipo de coleta automática de informações de chão de fábrica e modelo de programação da produção em ambiente industrial					
6. Levantamento e análise de informações coletadas	- Validação da aderência do sistema implementado - Metodologia de implementação de sistemas de programação da produção e medição/controle automático para o sistema de manufatura discreto					
7. Publicações de artigos e participações em congressos	- Artigos publicados em periódicos e em congressos					
8. Formação de parcerias acadêmicas e de empresas	- Parceria acadêmica com universidades regionais - Parceria com empresas de software de programação da produção - Parceria com empresas de produtos de automação					
9. Orientação de dissertações de mestrado profissional	- Trabalhos concluídos dos alunos do programa de pós-graduação da instituição					

## 6. Metodologia

O projeto será desenvolvido por meio de:

- Pesquisa bibliográfica:

Será realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema abordado através de consultas em periódicos, livros e artigos em congressos. Tanto em fontes nacionais quanto internacionais.

- Pesquisa exploratória:  
Serão avaliadas, dentre as empresas da região, aquelas que já fazem uso dos softwares especialistas em programação da produção, identificando suas vantagens, desvantagens e “lacunas” a serem preenchidas. Serão escolhidas empresas parceiras para a instalação de protótipos de sistemas de coleta automática de informações de chão de fábrica, o que possibilitará o estudo prático de conceitos e técnicas de modelagem existentes na literatura.
- Pesquisa descritiva:  
Objetiva sistematizar e estruturar as informações levantadas nos objetos de pesquisa.

As técnicas utilizadas na coleta de informações serão basicamente:

- Visitas técnicas
- Coleta de informações em documentos.
- Aquisição de versões demonstrativas/acadêmicas de softwares especialistas em programação da produção para análise de desempenho. Vale ressaltar que a UNIARA – Centro Universitária de Araraquara já possui a licença do aplicativo Preactor 9.3 especialista em programação da produção e que o autor do projeto já participou de cursos e implantação da ferramenta computacional.
- Desenvolvimento de protótipos de sistemas de coleta automática de informações de chão de fábrica.

## **7. Resultados Pretendidos**

Como resultado, pretende-se consolidar o programa de pós-graduação de mestrado profissional da UNIARA.

O progresso científico e tecnológico dar-se-á através da união das áreas da Gestão da Produção/Operações e da Automação da Manufatura que permitirá inovações na integração da manufatura, mais especificamente para a programação da produção, atendendo áreas carentes da gestão da produção.

Como inovação tecnológica, pretende-se definir uma metodologia para a implementação de sistemas de programação da produção e medição/controle para o sistema de manufatura discreta.

Os indicadores a serem alcançados são:

- aumentar o número de publicações de artigos, relatórios técnicos e dissertações de mestrado;
- formar parcerias com universidades locais para a realização de trabalhos em conjunto;
- formar parcerias com empresas locais para a realização de estudos de casos e permitir a troca de conhecimentos nas áreas do tema do projeto;
- formar parcerias com empresas fornecedores de softwares de programação da produção e de produtos de automação industrial;
- implementar estudos de casos de projetos de pós-graduação em empresas parceiras;

## **8. Equipe Técnica**

### **Coordenador do Projeto de Pesquisa**

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior (Coordenador) – vínculo empregatício com a Instituição – dedicação exclusiva (40 horas)

### **Candidatos a bolsas para recém-doutores**

Prof. Dr. Fábio Ferraz Júnior (bolsista FUNADESP)

### **Prof. Ms. Claudio Luis Piratelli (não atende no momento os pré-requisitos do edital quanto ao título de Doutor obtido nos últimos 5 anos) (bolsista FUNADESP)**

Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior (bolsista FUNADESP)

- O pesquisador Prof. Ms. Claudio Luis Piratelli foi aprovado no exame de qualificação do programa de Doutorado em Engenharia no ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) em São José dos Campos-SP. Data prevista da defesa do Doutorado Dezembro de 2009. O coordenador do projeto, por considerar relevante o trabalho do pesquisador para a proposta, vem a solicitar a partir do envio do presente projeto a possibilidade de incluir o pesquisador como bolsista a partir de 2010. Caso contrário a partir da decisão do comitê de avaliação, sendo o projeto aprovado, devem permanecer como bolsistas do projeto somente Fábio Ferraz Júnior e Walther Azzolini Júnior.

## 9. Número de cotas

A equipe do projeto é formada por dois professores doutores, um professor mestre (podendo se tornar bolsista de acordo com a solicitação e mediante aprovação do comitê de avaliação das propostas), um aluno do programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e um aluno do curso de graduação em Engenharia de Produção. Dos colaboradores do projeto, no início do seu desenvolvimento, é solicitado duas cotas (2 professores recém Doutores):

1. **Prof. Dr. Fábio Ferraz Júnior** – possui graduação em Engenharia Mecânica (Mecatrônica) pela Universidade de São Paulo / EESC - São Carlos (1999), mestrado em Engenharia Mecânica (Automação de Processos de Fabricação) pela Universidade de São Paulo / EESC - São Carlos (2002) e doutorado em Engenharia Mecânica (Automação de Processos de Fabricação) pela Universidade de São Paulo / EESC - São Carlos (2007). Professor do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA – Centro Universitário de Araraquara. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Automação de Processos de Fabricação, atuando principalmente nos seguintes temas: instrumentação, monitoramento, supervisão (SCADA), CNC de arquitetura aberta, controle de processos de fabricação.

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.jsp?id=K4760734D8>

2. **Prof. Dr. Walther Azzolini Júnior** – possui graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Metodista de Piracicaba (1991), Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (1996) e Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo - USP (2004). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Gestão da Produção e Processos de Fabricação, atuando principalmente nos seguintes temas: programação da produção, planejamento e controle da produção, implantação do software especialista em programação da produção Preactor 9.3. Atualmente orienta projeto de pesquisa científica com bolsa PIBIC do aluno do curso de graduação em Engenharia de Produção Fábio Beraldi Ribeiro na empresa LUPO S/A. Engenharia de Produção da UNIARA – Centro Universitário de Araraquara.

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.jsp?id=K4799674E5>

A terceira cota de bolsa de pesquisador recém Doutor será solicitada após o primeiro semestre, a partir do início do projeto, para o professor Msc Claudio Luis Piratelli com defesa prevista do Doutorado para Dezembro de 2009. Desde que a solicitação tenha sido aprovada pelo comitê de avaliação.

**3. Claudio Luis Piratelli** – possui graduação em Engenharia de Produção Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos (1998); especialista em Gestão Estratégica de Negócios (2000) pelo Instituto Nacional de Pós-Graduação (INPG); mestre em Desenvolvimento Regional pelo Centro Universitário de Araraquara, UNIARA (2005) e; doutorando em Engenharia Aeronáutica e Mecânica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Academicamente, suas áreas de interesse são: Educação em Engenharia, Ferramentas Quantitativas para a tomada de decisão e o Setor de Serviços. Como experiência administrativa, desempenhou o cargo de assistente de coordenação do curso de Engenharia de Produção da UNIARA de 1999 a 2003. Atualmente coordena os cursos de graduação em Engenharia de Produção e pós-graduação Lato Sensu in company em Gestão Estratégica da Produção e Operações, nos quais exerce também atividades de docência e orientação.

O critério de seleção adotado para a indicação dos bolsistas é relacionado:

- a. Atender a pelo menos uma das áreas relacionadas ao projeto de pesquisa:
  - \_\_\_ Automação do processo de medição e controle dos processos industriais;
  - \_\_\_ Métodos Quantitativos – ferramentas quantitativas com aplicação de pesquisa operacional;
  - \_\_\_ Programação da Produção a partir da aplicação de softwares APS.
- b. Recém Doutor de acordo com o tempo máximo de obtenção do título e tese de doutorado com tema relacionado à área;
- c. Experiência profissional na área em empresas parceiras relacionada à pesquisa aplicada proposta no projeto;
- d. Pertencer ao corpo docente do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção;

- e. Possuir projeto de pesquisa vinculado ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção relacionado à linha de pesquisa proposta no escopo do presente projeto.

**OBS:** o docente Claudio Luis Piratelli pertence ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção e desenvolve trabalhos científicos com ferramentas quantitativas no âmbito da pesquisa operacional.

### 10. Estimativa orçamentária

A estimativa orçamentária do presente projeto é relacionada na Tabela descrita a seguir.

Estimativa Orçamentária	Projeto	UNIARA – Centro Universitário de Araraquara		CAPES
		Participação Técnica	Participação Financeira	
Item	Valor requisitado (R\$)			
Laboratório de Informática (35 máquinas)	R\$ 60.000,00 Treinamento e pesquisa	UNIARA	R\$ 60.000,00	-----
Software Preactor 9.3 (licença)	R\$ 10.000,00 5 anos	UNIARA	R\$ 10.000,00	-----
Despesas de deslocamento e hospedagem	R\$ 12.000,00 5 anos	UNIARA	-----	R\$ 12.000,00
Bolsa Recém Doutor (1)	R\$ 198.000,00 5 anos	UNIARA	-----	R\$ 198.000,00
Bolsa Recém Doutor (2)	R\$ 198.000,00 5 anos	UNIARA	-----	R\$ 198.000,00
Bolsa Recém Doutor (3)	R\$ 178.200,00 4.5 anos “Previsto”	UNIARA	-----	R\$ 178.200,00
Bolsa FUNADESP Contrapartida UNIARA	R\$ 240.000,00 5 anos para os três pesquisadores	UNIARA	R\$ 240.000,00	-----
<b>TOTAL (período – cinco anos)</b>			R\$ 250.000,00	R\$ 586.200,00

## **11. Infra-estrutura física e tecnológica necessária**

O desenvolvimento do projeto, de acordo com o tempo de duração proposto, conta com a estrutura física do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA, laboratório de informática a ser estruturado e disponibilizado pela instituição e o apoio técnico a partir da tecnologia necessária quanto à automação dos sistemas de medição e controle da empresa Sensoft Indústria e Automação Ltda localizada na cidade de São Carlos, a qual possui Know tecnológico necessário à pesquisa aplicada proposta.

## **12. Estimativa da porcentagem de aplicabilidade do projeto**

Com apenas uma breve inicialização dos trabalhos práticos através do Programa de Mestrado Profissional da UNIARA, algumas empresas da região já manifestaram interesse no presente projeto, disponibilizando seu próprio pessoal para o auxílio na implementação de protótipos e estudos de casos. De acordo com documentação anexa, tais empresas e mestrandos envolvidos no presente projeto são:

1. Margirius Indústria de Componentes Elétricos Ltda (Porto Ferreira - SP).

Mestrando: Antônio Marco Vitorelli (colaborador da empresa)

Mestrando: Rubens Parada Neto (colaborador da empresa)

2. Têxtil Godoy Ltda (Ribeirão Bonito – SP).

Mestrando: Emerson Marcos Minotti

3. Meias Lupo S/A (Araraquara - SP)

Mestrando: Carlos Alberto Mazzeu

Além de empresas interessadas na melhoria de seus sistemas de programação da produção, conforme listadas acima, o presente projeto desperta também o interesse de empresas desenvolvedoras de software e de sistemas de automação. A empresa desenvolvedora de software de programação da produção Linter já declarou interesse na doação da licença do software Drummer, e a empresa prestadora de serviços de automação Sensoft já vem participando no desenvolvimento do primeiro protótipo e

estudo de caso implementado na empresa Têxtil Godoy. A empresa Sensoft possui histórico no desenvolvimento de parcerias com universidades, tendo como exemplo a implementação de sistema de coleta automática de informações de máquina, processo e produção da Embraer (São João dos Campos - SP). Este projeto tem início como protótipo em quatro máquinas, sendo desenvolvido em conjunto com alunos de pós-graduação do laboratório NUMA da Escola de Engenharia de São Carlos (USP). Posteriormente, o projeto passou a abranger um total de 20 máquinas-ferramenta do parque industrial da Embraer. Pretende-se repetir essa história de parceria de sucesso no programa de pós-graduação da UNIARA.

Adicionalmente, o fortalecimento de parcerias com universidades locais (USP e UFSCAR) já vem ocorrendo, tendo, inclusive, a inicialização de alguns trabalhos em conjunto com a participação de professores da UNIARA e da EESC (USP/São Carlos).

O projeto descrito no presente documento vem despertando o interesse de empresas e universidades locais, mostrando o seu grande potencial de aplicabilidade. Os recursos solicitados neste Programa Nacional de Pós-Doutorado serão de grande importância para a efetiva conclusão do mesmo.

### **13. Contrapartida e acervo da Instituição proponente**

A contrapartida e acervo da Instituição proponente são:

- toda a estrutura física do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção;
- complementação da bolsa dos recém-doutores através do Programa de Capacitação de Recursos Humanos e de Fomento à Pesquisa do FUNADESP;
- investimento para estruturação do laboratório de informática;
- custo de aquisição de licenças de software especialistas em programação da produção como, por exemplo, o Preactor 9.3;
- livros técnicos da área para o acervo bibliográfico da instituição.

### **13. Possível aderência do projeto à Lei número 10.973/04, Lei de inovação tecnológica**

A proposta desse projeto de pesquisa, de acordo com os seus objetivos gerais e específicos, é estimular a criação de ambientes especializados e cooperativos de inovação na região em que a Instituição proponente está inserida a fim de incentivar, a partir do avanço do estudo proposto e das publicações realizadas, a participação de Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT) e empresas privadas da região no processo de inovação.

O grupo de pesquisa a ser oficializado no CNPq, a partir da aprovação dessa proposta, é composto por pesquisadores Doutores (Fábio Ferraz Júnior e Walther Azzolini Júnior) com o título de Doutor obtido na Universidade de São Paulo (USP) no Departamento de Engenharia de Produção e de Engenharia Mecatrônica e que ainda mantém contato com pesquisadores dos referidos departamentos e vínculo em projetos de pesquisa relacionados à proposta. Contudo, a intenção é fortalecer o grupo de pesquisa e o Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA – Centro Universitário de Araraquara e a partir desse processo de consolidação estabelecer novas parcerias com empresas de manufatura e prestadoras de serviço da região e Instituições Científicas e Tecnológicas (ICT).

O escopo do projeto além de apoiar tal iniciativa atende a disposição da Lei de Inovação a partir dos incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo de acordo com o edital MEC/CAPES e MCT/FINEP – Programa Nacional de Pós-Doutorado – PNPd/2009.

De acordo com o exposto cabe ressaltar de acordo com a Lei de Inovação o atendimento ao Artigo 3º do Capítulo II:

**Capítulo II** – Do estímulo à construção de ambientes especializados e cooperativos de inovação

#### **Artigo 3º**

A União, os Estados, o Distrito Federal, os Municípios e as respectivas agências de fomento poderão estimular e apoiar a constituição de alianças estratégicas e o desenvolvimento de projetos de cooperação envolvendo empresas nacionais, ICT e organizações de direito privado sem fins lucrativos voltadas para atividades de pesquisa e desenvolvimento, que objetivem a geração de produtos e processos inovadores.

## **Bibliografia**

ARNOLD, J. R. T.; CHAPMAN, S. T. (2001) *Introduction to Materials Management*, Prentice-Hall, 4th ed.

Barták, R., (1999), *On the Boundary of Planning and Scheduling: A Study*, Proceedings of Eighteenth Workshop of the UK Planning and Scheduling Special Interest Group (PLANSIG99) Workshop,

Bayındır, Z., P., (2005) *EIN 4333 Production and Distribution Systems class notes*.

Berlung, B., Karlton, J., (2005), *Human, Technological and Organizational Aspects Influencing the Production Scheduling Process*, 18th International Conference on Production Research

Bitran G. R., (1983), *A Simulation Model for Job Shop Modeling*, A. P. Sloan School of Management Massachusetts Institute of Technology

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. (1997) *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II / ERP*. Ed. Atlas, São Paulo.

CORRELL, J. G., EDSON, N. W.; “*Gaining Control – Capacity Management and Scheduling*”, New York, Norris W. Edson, 3<sup>a</sup> edição, 2007.

FERRAZ JR., F.; GOMES DE OLIVEIRA, J. F. (2005). *Integration and information management in open architecture CNC’s*. In: *The 38th CIRP Internacional Seminar on Manufacturing Systems*, Florianópolis – Brasil, May.

KIM, K. H.; SONG, J. Y.; WANG, K. H. (1997) *A negotiation based scheduling for items with flexible process plans*. *Computers in Industrial Engineering*, v.33, n. 3-4, p. 785-788.

Hermann, J., W., (2006) *Improving Production Scheduling: Integrating Organizational, Decision-Making, and Problem-Solving Perspectives*, Industrial Engineering Research Conference, Orlando, Florida

Kemppainen, K., (2005) *Priority Scheduling Revisited –Dominant Rules, Open Protocols, And Integrated Order Management*

MARDEGAN, R.; MARTINS, V.; OLIVEIRA, J. F. G. (2003) *Estudo da integração entre sistemas Scada, MES e ERP em empresas de manufatura discreta que utilizam*

processos de usinagem. IN: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, Ouro Preto, Brasil, Outubro.

MELLO, R. G.; CREADO JR, D. A. P; OLIVEIRA, J. F. G.; BREMER, C. F. (2000) Avaliação de Desempenho para o Gerenciamento Estratégico do Chão de Fábrica. IN: EnANPAD 2000, Florianópolis, Setembro.

Pinedo, M. (1992). Scheduling. In G. Salvendy (Ed.), Handbook of Industrial Engineering (2nd edition). Chichester: Wiley. Interscience.

Pinedo, M. (1995), Scheduling: theory, algorithms, and systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

PIRES, S. R. I. (1993) Gestão Estratégica da Produção. Piracicaba, Unimep.

VOLLMANN, T. E.; BERRY, W. L.; WHYBARK, D. C.: Manufacturing Planning and Control Systems, Irwin McGraw-Hill, 4th ed., 1997.

Wiers, V., (1997), Human-computer interaction in production scheduling-Analysis and design of decision support systems for production scheduling tasks, Eindhoven, The Netherlands: Eindhoven University of Technology Press, Ph. D. Thesis.