

A informática no planejamento da produção fabril: necessidades e métodos

Cláudio Walter *

PGCC/DEE - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Sumário

A seleção dos métodos de planejamento, programação e controle da produção de um sistema fabril depende dos tipos de produto, da demanda, dos processos e do perfil de custos da economia em que o sistema se situa. O trabalho apresenta e justifica os principais objetivos e métodos disponíveis e discute os impactos da introdução dos sistemas distribuídos sobre a estrutura de organização e decisão dos sistemas de manufatura.

Abstract

The choice of production planning, programming or control methods depends on the characteristics of the products, the demand, the manufacturing processes and on the cost profile of the system's economic environment. The paper presents and justifies the main methods and tools available, and discusses the effects of the introduction of distributed systems on the organization and decision structure of manufacturing systems.

Palavras-chave: planejamento da produção, escalonamento, canban, MRP/MRP II, OPT, ShopFloor, sistemas distribuídos.

1. Objetivos de um sistema fabril

Com abstração dos efeitos sociais diretos (importantes, mas que ultrapassam a abrangência deste trabalho), o objetivo de um sistema de manufatura é gerar lucro para seus investidores. Para isso, são necessárias diversas técnicas, como a engenharia de produto, gestão de pessoal, marketing, vendas e compras e um conjunto de ferramentas conhecidas como "engenharia de produção".

A fim de delimitar o campo da engenharia de produção, serão consideradas como condições de partida um conjunto pré-definido de produtos, métodos de

*Este trabalho foi realizado com o apoio parcial do CNPq.

fabricação, e recursos de manufatura. Consideram-se como custos fixos, o investimento imobilizado nos prédios e equipamentos, patentes, laboratórios de desenvolvimento, pessoal administrativo, etc. O desafio é fazer com que este investimento tenha o maior retorno possível, sob a forma de máxima produção (supondo que toda possa ser vendida), a custos variáveis (matéria-prima, mão-de-obra direta, transporte, etc.) mínimos.

De maneira mais detalhada:

- a produção deve ser máxima. Alguns produtos podem ser mais lucrativos que outros, o que implica, ainda, que o seu "mix" deve ser ótimo. Como, na maioria dos casos, não se consegue balancear (tornar todos os centros de trabalho igualmente ocupados) numa fábrica para um mix variável de produtos, apenas os centros de trabalho "gargalos" (os mais lentos) podem e devem ser ocupados ao máximo;
- os estoques devem ser mínimos: estoque significa capital de giro, e é representado por itens que foram comprados mas ainda não podem gerar retorno, pois não estão em condições de ser vendidos como produtos. O mínimo de estoques é limitado pela eventualidade de perturbações no fornecimento, no processo fabril e no mercado, bem como por fatores internos como tempos de preparação (também conhecidos por "set-up"), e aspectos humanos como o stress na linha de produção.

Os dois objetivos acima, quando levados a seus extremos, costumam ser conflitantes: se o objetivo é maximizar a produção, é necessário aumentar os estoques, e vice-versa [BITR87]. De maneira geral, é dada prioridade ao primeiro objetivo, podendo-se portanto enunciar o objetivo de um sistema fabril, como:

"produzir o máximo (isto é o principal) mas fazê-lo com estoques mínimos (isto é importante, mas não a ponto de comprometer a produção)".

As técnicas de planejamento e controle são usualmente organizadas em uma hierarquia de funções, de acordo com diferentes horizontes de tempo e níveis de detalhe.

2. Planejamento: necessidades e custos

Planejar significa alocar recursos limitados, tais como equipamento, pessoas ou dinheiro, de maneira a obter o melhor resultado possível.

A situação ideal em uma indústria seria aquela em que se dispõe de um conjunto de recursos de alta rentabilidade alocados permanentemente à produção de um mesmo item. Este seria o caso, por exemplo, de uma linha de fabricação de canetas esferográficas de um mesmo modelo e cor. Esta linha produz ao

nível máximo, e toda a sua produção é consumida. Do ponto de vista do planejamento, a única decisão se situou ao nível estratégico (“vale a pena instalá-la?”). Depois, não há mais qualquer necessidade de planejamento, com a possível exceção da compra de matéria prima.

Quando se afirma que a linha “produz ao nível máximo”, conforme proposto no parágrafo anterior, faz-se a suposição de que todos os seus equipamentos operam ao nível máximo, isto é, que a linha está perfeitamente balanceada. Isto, entretanto, nem sempre é atingido. Frequentemente ocorre uma situação em que, por razões tecnológicas ou de mercado, determinado equipamento, utilizado para a fabricação de mais de um produto, é ocupado por cada produto durante apenas uma parte, digamos menos da metade, do seu potencial. Há agora duas alternativas para a arquitetura do sistema fabril: duplicar o equipamento (e conviver com sua ociosidade) ou compartilhá-lo (o que obriga a planejar). A decisão depende de uma série de aspectos:

- o custo do equipamento: se for barato, a tendência é duplicá-lo, pois o custo da ociosidade se torna baixo;
- o custo do planejamento, que pode envolver pessoas (os programadores de produção) e computadores;
- o custo do capital de giro relativo a matéria prima: quando um equipamento é compartilhado, é necessário produzir o item A e estocá-lo em quantidade suficiente para atender o consumo enquanto estão sendo produzidos os itens B, C, etc.
- o custo do tempo de transição entre itens diferentes: enquanto se prepara um equipamento (troca de ferramentas, ajuste de parâmetros, etc), não se está produzindo. Este custo só deve ser levado em conta se o equipamento for um gargalo, isto é, se este tempo de transição afetar a produção global da linha.

A decisão depende da avaliação destes custos no ambiente econômico (lugar e época) do sistema de manufatura.

3. Hierarquia de planejamento e programação fabril

A figura 1 mostra, de maneira esquemática, as diferentes funções de planejamento de um sistema fabril. Nela, podemos distinguir quatro níveis de comando/controle. Nem sempre os quatro níveis estão explícitos, podendo-se compor os níveis 2 e 3, por exemplo, em um só:

1. planejamento estratégico;

2. planejamento tático;
3. programação da produção;
4. controle de chão de fábrica;

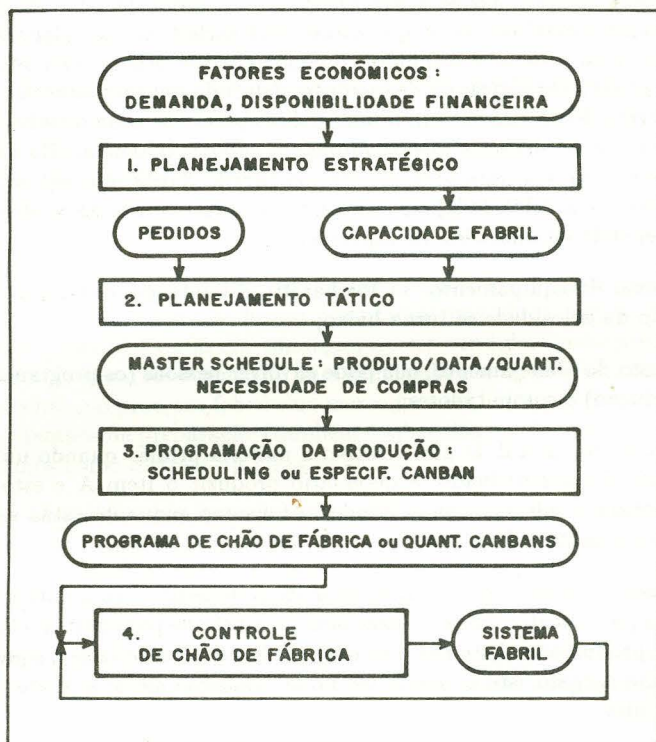


Figura 1: Hierarquia de planejamento e controle de um sistema fabril.

As funções de cada um destes níveis são:

- Planejamento estratégico:

Recebe : - a previsão de vendas agregada de um horizonte de tempo relativamente longo (6 meses a alguns anos), e outros parâmetros econômicos, tais como o custo da mão de obra, matérias primas, financiamentos, etc.

Fornecer : - as necessidades agregadas de equipamento e mão-de-obra (novos investimentos em equipamento, previsão de turnos de mão-de-obra para os centros de trabalho);

- Planejamento tático:

Recebe : - os pedidos de produtos e peças de reposição;

Fornece : - o programa de produção ("master schedule"), que indica que produtos devem ser entregues, em que quantidade, em cada data;

- Programação da produção:

Recebe : - o programa de produção ("master schedule");

Fornece : - os parâmetros necessários para o controle do chão de fábrica. Estes parâmetros indicam, de maneira direta ou indireta, a atividade que cada centro de trabalho deve realizar a cada instante. Em sistemas de programação direta, é gerado o cronograma detalhado de fabricação. Em sistemas canban (seção 4.2), é gerado, neste nível, o cronograma de inserção e retirada de canbans.

- Contrôlo de chão de fábrica:

O "chão de fábrica" corresponde ao conjunto de recursos físicos (equipamentos, mão de obra) diretamente envolvidos na produção.

Recebe : - o cronograma detalhado de fabricação, ou o cronograma de inserção e retirada de canbans;

Realiza : - a operação física dos equipamentos;

Como em todos os sistemas hierárquicos, cada nível de decisão transfere ao nível inferior um conjunto de objetivos e recursos e uma margem razoável de decisão local. Quando o nível inferior percebe que seus recursos são insuficientes para atender os objetivos, o nível superior é alertado, negociando e reformulando os seus requisitos dentro dos seus próprios horizontes e margens de decisão.

A margem de decisão de cada nível, no caso, implica em uma "folga" dos recursos com relação as necessidades. Uma conclusão parcial, neste ponto, é que, cada nível deixando folgas ao nível inferior, a folga global cresce com a quantidade de níveis de decisão, dificultando a otimização do processo.

De maneira geral, as funções de planejamento estratégico e tático são realizadas em âmbito corporativo, pois as decisões envolvem recursos financeiros, de pessoal, clientes e fornecedores.

Os níveis de programação da produção e controle do chão de fábrica são, ou devem ser, realizados pela gerência da produção.

4. Ferramentas e métodos

Nesta seção serão examinados os principais métodos de planejamento e programação da produção, sua situação de acordo com o nível hierárquico de decisão e o tipo de sistema fabril.

4.1 MRP / MRP II

O sistema de planeamento por computador MRP [ORLI75] ("Material Requirements Planning") e sua extensão MRP II ("Manufacturing Resource Planning") constituem, provavelmente, as ferramentas mais difundidas para o planeamento da produção. Estas ferramentas podem ser vistas sob dois aspectos: como sistema de informação, e como método de planeamento.

Como sistema de informação, o MRP/MRP II é constituído por um banco de dados que recebe e mantém atualizados:

- o calendário fabril;
- os roteiros de fabricação (por quais equipamentos passa cada peça, tempos, etc.);
- a estrutura dos produtos;
- o estado dos estoques de matéria prima, submontagens e produtos;
- o cronograma de compras e o cadastro de fornecedores;
- as listas de pedidos e o cadastro de clientes;

Como método de planeamento, o MRP/MRP II gera datas de lançamento da produção das diferentes peças de um produto, em função das datas de pedidos e de um parâmetro conhecido como "lead time".

Na função de sistema de informação, o MRP/MRP II funciona muito bem. Muitas vezes, constitui a primeira oportunidade para uma empresa cadastrar seus dados de maneira organizada. Isto, por si só, já melhora a qualidade das decisões de produção, e é neste aspecto que reside a maior parte dos seus sucessos.

Como ferramenta de planeamento, entretanto, o MRP/MRP II apresenta frequentes desastres [TILA87]. A razão é a excessiva simplificação de seu modelo interno do sistema fabril, resultante do conceito de "lead time". O "lead time" é um valor de tempo que indica o intervalo médio entre duas etapas sucessivas de um roteiro de fabricação. É um valor histórico, que não leva em consideração a real ocupação e comprimento das filas de espera de peças nos centros de trabalho; diz-se por isso que a capacidade dos equipamentos é considerada "infinita". O módulo CRP ("Planeamento dos Requisitos de Capacidade"), acrescentado ao MRP para constituir o MRPII, ajuda a detectar cargas excessivas de trabalho, e pode ajudar a construir programas de compras (desde que se permitam grandes folgas de tempo) mas não permite a elaboração de programas de produção realistas ao nível tático e operacional (chão de fábrica).

4.2 CANBAN

O canban [MOUR84] é uma ferramenta não-computacional de controle de chão de fábrica (nível 4 da classificação apresentada na figura 1), que utiliza um sistema de realimentação visual, por cartões de demanda circulante, denominados "canban", e funciona essencialmente da seguinte forma: um estoque fixo é estabelecido para cada item, em cada estágio da fabricação. Uma retirada efetuada no estoque libera um cartão que corresponde a uma ordem de fabricação, da mesma quantidade, para o estágio da fabricação anterior, que por sua vez solicita material ao seu predecessor, etc. Isto faz com que solicitações sejam sucessivamente geradas para todos os estágios anteriores, muitas vezes até os fornecedores de matérias primas.

A sua grande vantagem é o fato de realizar a própria regulação: quando não há pedidos, os estoques ficam "cheios", não há liberação de cartões, portanto também não há produção. A visibilidade proporcionada pela realimentação visual do estado da fábrica aumenta a responsabilidade, e portanto a motivação, das pessoas diretamente envolvidas com o sistema fabril.

É portanto um método de regulação ("feedback") e não de planejamento ("feedforward") e, como tal, reage adequadamente a pequenas perturbações e leves variações de demanda. Nestes casos, o processo fabril opera de maneira semelhante a um processo contínuo.

Não reage bem, entretanto, a transitórios mais significativos na demanda, tempos de set-up grandes ou atividades muito prolongadas, ou em recursos disputados por muitas atividades diferentes. Por "não reage bem" entende-se que o sistema funciona, mas a um custo de estoques intermediários ("work in process", w.i.p.) e/ou gerenciamento que pode ser muito alto com relação aos benefícios.

Mais detalhadamente, há neste caso duas possibilidades:

- manter o sistema com um nível alto de folgas, e/ou
- realizar um grande esforço de planejamento externo, para determinar os cronogramas de inserção e retirada de canbans, semelhante a programação da produção (nível 3 da classificação acima), e resolver os conflitos por recursos compartilhados ("dispatching"), quando os tempos de set-up são significativos.

Para reduzir o impacto dessas limitações sobre a aplicação do canban, foram desenvolvidas as seguintes técnicas, bastante inter-relacionadas:

- a tecnologia de grupos, que visa tornar semelhante, do ponto de vista produção, a fabricação de peças diferentes, mas pertencentes a um mesmo grupo, ou "família", de maneira tornar mais transparentes mudanças no "mix" (composição da carteira) de pedidos;
- as células flexíveis, encarregadas cada uma da produção de uma "família" de peças, com baixos tempos de preparação, ou "set-up", quando se

passa de uma peça para outra. Um conjunto de células flexíveis constitui um "sistema flexível de manufatura (FMS)". Evitam-se também, na elaboração das células, equipamentos compartilhados e de longos tempos, como fornos, que se opõem a fluidez do processo, provocando transitórios.

Estas soluções se justificam dentro de determinados contextos, que levam em conta os tipos de produto e o perfil de custos da economia em que se situam.

As principais componentes desse perfil são o custo dos equipamentos e da mão de obra:

- no tocante a mão de obra, [MAGA89] mostra que a remuneração horária (salário + benefícios) de um trabalhador da General Electric nos Estados Unidos, é de US\$ 17,00 por hora, comparados com US\$ 1,40 da Embraco, de Joinville (ambos fabricam compressores para refrigeração);
- o custo dos equipamentos sofisticados, nos países em desenvolvimento, incluindo sua manutenção, é sempre superior ao custo dos mesmos nos países mais avançados;
- um equipamento mais sofisticado exige menos mão de obra que um simples, em compensação esta mão-de-obra é geralmente mais especializada, e em um país em desenvolvimento o custo de um trabalhador mais especializado (por exemplo, um engenheiro) é mais baixo, porém cresce muito mais rapidamente em relação a um trabalhador mais simples que em uma economia avançada;
- em um layout por grupos, ocorre menos compartilhamento de equipamentos que em um layout funcional (cada célula tem o seu centro de usinagem, e os seus equipamentos de teste, por exemplo); portanto há normalmente necessidade de uma quantidade maior de equipamentos.

Na realidade, o alto nível de sofisticação (automação, robotização, FMS, etc.) são uma resposta das empresas dos países desenvolvidos a sua perda de competitividade em manufatura, com relação aos países em desenvolvimento, e uma resposta em grande parte bem sucedida. O que esses países fizeram, portanto, foi adaptar a produção ao seu perfil de custos.

Resumindo, o canban é uma solução simples, para sistemas fabris também simples, como por exemplo linhas de produção dedicadas ao atendimento de uma única ou poucas peças. Em quase todos os demais casos o sistema fabril tem que ser "simplificado" antes que um sistema canban funcione adequadamente, e esta simplificação pode ser barata (as vezes, trata-se apenas de racionalizar a preparação de equipamentos) ou envolver a aquisição de equipamentos caros.

A decisão do ponto de máxima vantagem deve ser, portanto, elaborada dentro do perfil de custos local, não se podendo afirmar, a priori, que um sistema é melhor em termos absolutos.

4.3 Ferramentas de escalonamento (“scheduling”)

As ferramentas de escalonamento visam principalmente a programação da produção (nível 3), podendo atender também o planejamento tático (nível 2).

Trata-se, essencialmente, de programas de computador que indicam que atividade deve ser realizada a cada instante por cada equipamento, procurando maximizar a eficiência global do sistema fabril.

Em princípio, estas ferramentas possibilitam o melhor desempenho do processo, pois podem se servir de critérios de decisão mais sofisticados e completos que os sistemas canban. Permitem a utilização otimizada de equipamentos menos sofisticados, com tempos de preparação e portanto lotes de fabricação grandes, variações de produção e o compartilhamento intensivo de equipamentos por diferentes linhas de produção.

Como os recursos computacionais são mais baratos que equipamentos de produção sofisticados (e tendem a sê-lo cada vez mais), pode-se, assim, obter soluções de muito bom desempenho econômico, principalmente dentro do perfil de custos dos países em desenvolvimento.

O principal problema das ferramentas de escalonamento, com relação a sistemas do tipo canban, é a maior dificuldade em fechar o laço de controle. Os sistemas de escalonamento da produção precisam ser alimentados com dados do processo (estoques, w.i.p., interrupções de manutenção, etc.); em seguida geram um plano de fabricação, que é realizado pelo sistema fabril. Quando ocorre uma perturbação maior, que prejudica a execução do plano, as informações devem ser atualizadas e um novo plano é gerado. Este ciclo é tanto mais fácil quanto mais diretamente for realizado pelas pessoas próximas ao ambiente fabril, por exemplo pelos supervisores de linha. Um dos problemas que pode ocorrer na sua implantação é confiar a tarefa de programação (nível 3) da produção ao “setor de planejamento” ou departamento equivalente da empresa (que normalmente se ocupam dos níveis 1 e 2), pois “é lá que está o computador de planejamento”. Este nível de decisão costuma se situar, tanto física como organizacionalmente, distante do sistema fabril, dificultando a comunicação e prejudicando a eficiência da programação. A introdução de sistemas distribuídos de computação deverá resolver em grande parte estes problemas, colocando os recursos de decisão dentro dos sistema fabril e portanto facilitando sua atualização e utilização (vide a última seção deste artigo).

Dentre essas ferramentas, incluem-se o OPT [GOLD80], os sistemas especialistas [KLEE88] e os sequenciadores diretos como WATPASS [McKA87] ou reversos do tipo ShopFloor [WALT88, WALT89] e os tradicionais métodos de seqüenciamento como os algoritmos Branch and Bound, algoritmo de Johnson, etc., estes últimos de eficácia limitada a exemplos de dimensões acadêmicas.

Em termos gerais, estas ferramentas realizam a programação da produção através de uma simulação sobre um modelo preciso do sistema de manufatura. Os tempos cadastrados são efetivamente os tempos padrão (medidos peça a peça, não históricos) das atividades, os tempos de preparação, etc. O seqüenciamento

se realiza através da alocação de recursos (não mais "infinitos", como no caso do MRP/MRP II). O resultado é um cronograma de fabricação (o que cada centro de trabalho deve realizar a cada instante, quando realizar preparações) realizável e, dependendo das regras de resolução de conflitos utilizadas [PANW77], bastante próximos da otimização.

A sofisticação do software, e o poder computacional necessários, limitaram até hoje a utilização intensiva destes métodos. Entretanto, com o barateamento e o aumento da potência dos computadores (por exemplo, das chamadas "estações de trabalho", de custos pouco superiores aos computadores pessoais avançados), esta opção se torna cada vez mais atraente. Uma de suas vantagens é a facilidade com que se adaptam aos processos de manufatura convencionais, permitindo que atinjam um nível de produtividade comparável aos dos sistemas flexíveis, a custos significativamente inferiores.

O mais conhecido destes sistemas, atualmente, é o OPT ("Optimized Production Technology"), com quase 10 anos de existência e bons resultados em diversas instalações. Neste caso particular o alto custo do software (de US\$ 500.000 a 1.000.000), e provavelmente também os aspectos sigilosos dos seus algoritmos de decisão, inibiram a sua difusão em larga escala, apesar de diversos sucessos técnicos.

Outra classe de métodos é baseada nos "sistemas especialistas", que utilizam conceitos de inteligência artificial. Estes métodos se destacam pela flexibilidade com relação a regras e restrições. Entretanto, a baixa velocidade de execução das linguagens de programação utilizadas restringem sua difusão quase exclusivamente aos ambientes de pesquisa, com aplicações reais ainda muito limitadas. Com o amadurecimento desta técnica, porém, podem vir a gozar de grande aceitação.

Finalmente, existem alguns métodos de escalonamento, como por exemplo um desenvolvido pelo autor, denominado ShopFloor, baseados em um modelo algorítmico de sequenciamento direto ou reverso (dos pedidos para as matérias primas), com um único ou diversos critérios de resolução de conflitos que procuram, sobre um modelo preciso, gerar cronogramas detalhados e realizáveis.

O sistema ShopFloor, desenvolvido tanto para a produção seriada como por encomenda, se encontra em implantação em uma indústria do ramo metal-mecânico no Rio Grande do Sul, apresentando até agora bons resultados. O projeto atende os níveis de decisão:

- estratégico, através de um módulo de avaliação de capacidade agregada, que tem por função a previsão de necessidades de equipamentos e mão de obra;
- tático, substituindo um sistema MRP para o cálculo de datas e necessidades de compras;
- programação da produção, realizando a emissão de ordens de fabricação para centros de trabalho selecionados (usualmente entrada, gargalos e

saída). Algumas linhas de produção, mais dedicadas, são atendidas pelo sistema canban.

O sistema ShopFloor utiliza, para todos os equipamentos, uma única regra heurística para a resolução de conflitos (a quem dar prioridade, quando dois ou mais lotes de peças diferentes disputam um recurso) que procura maximizar o paralelismo dos equipamentos, minimizando o intervalo total de fabricação de um conjunto de pedidos e os estoques intermediários. Ao mesmo tempo, são otimizados os lotes de produção, de maneira a adaptar a quantidade de preparações ao comprimento das filas de espera de peças.

4.4 Combinações de ferramentas

Nos parágrafos acima foram apresentados alguns métodos de planejamento e controle de produção, e mostradas as principais vantagens e inconvenientes de cada, em função do seu ambiente operacional. Uma indústria de manufatura, entretanto, não é em geral um ambiente uniforme: em diferentes setores e níveis de decisão as características da demanda e dos processos de fabricação podem variar significativamente; um método adequado a uma linha de usinagem pode-se comportar menos bem no setor de injeção de peças plásticas, ou na montagem.

Surge naturalmente a pergunta: estes métodos podem coexistir e cooperar ?

Em uma mesma função, ou nível de decisão, não. Isso equivaleria a dirigir um veículo com dois volantes, simultaneamente.

Analisando de forma mais detalhada:

Os sistemas MRP/MRP II são bastante abrangentes do ponto de vista "sistema de informação". Neste sentido (de ferramenta de informação, não de decisão) coexistem bem com sistemas canban e de escalonamento.

O planejamento estratégico é um nível de decisão bastante alto. Tanto os sistemas MRP/MRP II como os de escalonamento possuem, em seus cadastros, os dados necessários para apoiá-lo, e o fazem da mesma forma. O canban é uma ferramenta não-informática, que nada tem a ver com o nível de planejamento estratégico.

É do nível de decisão tático para baixo que surgem as alternativas. Para quase todos os casos, pode-se aqui excluir os métodos MRP/CRP/MRP II, que raramente funcionam de maneira adequada.

Restam, do nível tático para baixo, os métodos canban e de escalonamento. Nestes níveis, os métodos podem conviver em setores diferentes do sistema fabril, mas não podem atender um mesmo conjunto de recursos.

Por exemplo, a montagem final, bem como as peças de consumo uniforme que justificam uma linha de fabricação exclusiva, ou pouco compartilhada, utilizam com vantagem o canban. As peças que compartilham intensivamente equipamentos, ou cujos equipamentos possuem grandes tempos de ciclo ou set-up, ou ainda que têm consumo não regular, utilizam com vantagem métodos de escalonamento.

5. Sistemas distribuídos: novas perspectivas

A evolução dos sistemas de planejamento e controle fabril está necessariamente relacionado com o desenvolvimento dos equipamentos de manufatura e com o desenvolvimento da informática. Quanto a este último aspecto, os principais elementos são a diminuição do custo dos equipamentos computacionais e a consequente tendência para a utilização de sistemas distribuídos de decisão, realizados por redes de computadores mais ou menos fortemente acoplados.

Do ponto de vista do controle e planejamento dos sistemas de manufatura, a introdução dos sistemas distribuídos terá como principal efeito a maior proximidade, no espaço e no tempo, entre o processo físico (centro de custos) e o centro de decisão, resultando em uma maior eficiência. No caso dos processos de manufatura mais simples, do ponto de vista de controle e planejamento, esta proximidade é ensejada pelo método não informático *kanban*.

Até a introdução dos sistemas distribuídos, a alternativa computacional para os processos mais complexos era oferecida pelos métodos MRP/MRP II, usualmente executados em computadores de grande ou médio porte, localizados no Centro de Processamento de Dados da empresa, que por sua vez está localizado, física e organizacionalmente, mais próximo da área administrativo/comercial do que da área fabril. Os altos tempos de resposta (da ordem de dias) resultantes deste *modus operandi* praticamente inviabilizam qualquer benefício direto sobre o sistema de manufatura, limitando-se ao planejamento, com grandes folgas, de compras e capacidade fabril.

A distribuição dos sistemas de processamento coloca as ferramentas de apoio ao planejamento e controle dentro do ambiente fabril, para utilização pelo próprio encarregado ou supervisor da linha de produção, diminuindo o tempo de resposta para horas ou mesmo minutos. Este recebe as necessidades de peças ou produtos e procura otimizar a alocação de seus recursos, reagindo localmente a perturbações limitadas. Apenas quando alguma perturbação maior compromete o cumprimento dos objetivos há necessidade de alertar o centro de decisão de nível superior.

Esta proximidade entre o centro de execução e a decisão não apenas é mais sensata do ponto de vista organizacional, como também é benéfica do ponto de vista humano, aumentando a responsabilidade e portanto a motivação das pessoas que efetivamente agregam valor ao produto. Neste sentido, os efeitos dos sistemas distribuídos são semelhantes aos propiciados pelas ferramentas do tipo *kanban*, mas extensivos a sistemas de manufatura cuja natureza não comporta a utilização econômica das mesmas.

6. Conclusões

Quando se observam, de uma certa distância, os objetivos e necessidades de produtividade da indústria e o potencial da informática, parece claro que esta-

mos diante de um problema e de uma solução. No entanto, a informática ainda não oferece panacéias para os problemas dos sistemas de manufatura. Diversas idéias e implementações frustram as expectativas e, muitas vezes, geram verdadeiros traumas que resultam em rejeição absoluta por longos períodos, seguidos de novas experiências, agora mais maduras e ponderadas. Uma das principais causas é a falta de compreensão por parte das pessoas que decidem sua utilização quanto ao real funcionamento e adequação das ferramentas, levando frequentemente a decisões baseadas em modismos ou recomendações pouco questionadas. As próprias ferramentas, por sua vez, tem muitas vezes um longo caminho de maturação pela frente.

Devido à complexidade e variedade das aplicações, os sistemas computacionais de planejamento para manufatura ainda não atingiram o nível de estabilidade observado, por exemplo, na área de automação bancária ou comercial.

Pouco a pouco, entretanto, as experiências se multiplicam, a figura entra em foco, torna-se mais nítida, e mostra os elementos para o sucesso da próxima tentativa.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. José P.M. Oliveira, Prof. Dr. Taisy S. Weber e a Vivian Kleebank, aluna de doutorado PGCC/UFRGS, pelas críticas construtivas.

Referências

- [GOLD80] Goldratt E. "Optimized Production Timetable: a revolutionary program for industry", APICS 23th Annual International Conference Proceedings, 1980, pags. 172-176.
- [BITR87] Bitran G.R., W.P.Peterson, D. Tirupati. "Some recent advances in capacity planning for discrete manufacturing systems", in Modern Production Management Systems (ed. A. Kusiak), North Holland, 1987.
- [KLEE88] Kleebank, V., C. Walter, "Técnicas de inteligência artificial aplicadas ao planejamento da produção". 3. Congresso Nacional de Automação Industrial, São Paulo, Set. 1988. Anais pags 89-95.
- [MAGA89] Magaziner I.C., M. Patinkin, "Cold Competition: GE wages the Refrigerator War", Harvard Business Review, Vol. 67, No. 2, March/April 1989, pags. 114-124.
- [McKA87] McKay, K.N. "Conceptual Framework for Job Shop Scheduling", MASc Dissertation, Department of Management Sciences, University of Waterloo, Canada, 1987.
- [MOUR84] Moura R.A., Sistema Kanban de Manufatura Just-in-Time (Uma introdução as Técnicas Japonesas de Manufatura). Ed. IMAM

Artigo Técnico

- Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, São Paulo, 1984.
- [ORLI75] Orlicky J., Material Requirements Planning, Ed. McGraw- Hill, New York, 1975.
- [PANW77] Panwalkar S.S., W. Iskander, "A Survey of Scheduling Rules", Operations Research, Vol. 25, No.1, Jan/Feb 77.
- [WALT88] Walter C. "Integrating Simulation and AI into a Production Scheduling System", in Knowledge Based Production Management Systems, (ed. J.Browne), North Holland, 1988.
- [WALT89] Walter C. "ShopFloor: Programação da Produção para Manufatura", Manual do Usuário. Porto Alegre, 1989.
- [TILA87] Tilanus C.B. "Advances in Production Management Systems", in Modern Production Management Systems (ed. A. Kusiak), North Holland, 1987.

Curriculum vitae (Cláudio Walter)

Engenheiro Eletricista (UFRGS, 1974), Mestre em Ciência da Computação (UFRGS, 1976), Docteur-Ingénieur (INPGrenoble, França, 1981), professor titular do Dep. Eng. Elétrica e pesquisador do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS. Consultor na área de Informática Industrial. Membro do WG5.7 (Computer Aided Production Management) da IFIP, do conselho editorial do International Journal of Production Planning and Control, e desta revista. Endereço para contato: Caixa Postal 1501 - 90001 Porto Alegre RS.