

## SISTEMA KANBAN PARA FÁBRICA DE TINTAS

### **José Luiz Contador**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração – UNINOVE  
Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica - Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA  
E-mail: [jluiz@feg.unesp.br](mailto:jluiz@feg.unesp.br) [Brasil]

### **José Celso Contador**

Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração – UNINOVE  
Doutor em Engenharia Mecânica EESC/USP  
E-mail: [celsocontador@terra.com.br](mailto:celsocontador@terra.com.br) [Brasil]

### **Marcus Fabius Henriques de Carvalho**

Doutor em Engenharia Elétrica – UNICAMP  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração – UNIP  
E-mail: [marcius.carvalho@cenpra.gov.br](mailto:marcius.carvalho@cenpra.gov.br) [Brasil]

### **Pedro Luiz de Oliveira Costa Neto**

Doutor em Engenharia de Produção– USP  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração – UNIP  
E-mail: [renaet@renaet.com.br](mailto:renaet@renaet.com.br) [Brasil]

## **RESUMO**

Neste trabalho apresenta-se um estudo de caso de projeto e implementação de um sistema kanban em uma fábrica de tintas. Trata-se de um sistema de produção contínua, situação que oferece duas dificuldades ao projeto de sistema kanban. A primeira surge da determinação do número de kanbans no sistema (isto é, determinação do lote de fabricação). A fórmula consagrada pela Toyota para esse fim requer que se conheça o tempo de fabricação de uma caixa de produtos. Todavia, no caso em questão, o lote todo é concluído a um só tempo. A segunda dificuldade surge da impossibilidade de alterar o tamanho do lote durante sua fabricação. Nos sistemas de produção discreta (peças, por exemplo), como o propósito é evitar acumulação de estoque, é usual interromper a produção de um item assim que todas as caixas vazias estejam reabastecidas. Para o caso em questão, se no início da fabricação de um item existirem kanbans em estoque, essa decisão torna-se difícil, caso se deseje evitar falta ou excesso de estoque no sistema. O trabalho apresenta uma proposta para lidar com essas duas dificuldades.

**Palavras-chave:** Controle de estoque; Kanban; Produção contínua

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema *just in time* (JIT) pode ser entendido como uma filosofia aliada a um conjunto de técnicas (SLACK, 1997). A filosofia é baseada na redução de todo desperdício que pode ocorrer no processo de fabricação. O conjunto de técnicas, por sua vez, busca tornar possível a redução dos desperdícios. Para sua adoção é necessário implantar uma nova forma de gestão, tanto da organização do trabalho na área produtiva, como do comando e controle da produção. O JIT fundamenta-se, assim, em engenhosos sistemas de organização da produção e de logística.

Operacionalmente, a redução do desperdício é alcançada pela *produção somente dos itens necessários, na quantidade necessária e no tempo presente*. Para isso, é fundamental:

- a) detectar prontamente a demanda que ocorre no momento presente; e
- b) atender rapidamente essa demanda, sem prévia formação de estoque.

Para tanto, o JIT utiliza três técnicas fundamentais:

- a) troca rápida de ferramenta;
- b) arranjo físico integrativo, do tipo celular, por exemplo; e
- c) sistema kanban com pequeno lote de transferência entre as fases do processo.

A troca rápida de ferramenta permite flexibilidade de produção e, se aliada ao arranjo físico celular, permite cumprir rapidamente o ciclo produtivo, uma vez que as fases de fabricação estão integradas pela célula de manufatura. Desta forma, pode-se atender com maior rapidez às necessidades de um mercado diversificado, bastando conhecer o total que deve ser produzido.

O sistema kanban gerencia a produção tendo duplo objetivo:

- 1) informar as fases do processo de produção no momento presente; e
- 2) agilizar o processo de liberação da produção.

Por ser um sistema que puxa a produção, o sistema kanban informa, aos estágios anteriores do processo de fabricação, a demanda que ocorre no último estágio, que pode ser a expedição. Atua, dessa forma, como um elo entre os estágios do processo e a demanda final do produto. Se, adicionalmente, forem adotado lotes pequenos de transferências (caixas ou contenedores com poucas peças, por exemplo), a comunicação entre os diversos estágios fica bastante rápida, possibilitando que todos os estágios do processo de fabricação sejam informados sobre a demanda que está ocorrendo no momento presente.

Por outro lado, por se tratar de um sistema de controle visual, ele permite a decisão sobre as necessidades de fabricação sem a elaboração e a consulta de relatórios. Atribuindo-se ao pessoal da fábrica a tarefa de decidir sobre o que produzir, a partir das indicações do quadro de kanbans, passa a ser desnecessária a intervenção do PCP na decisão sobre *o quê, quanto e quando* produzir (programação e liberação da produção). Essas decisões, quando tomadas pelo PCP, um órgão centralizador e burocratizado, dificilmente podem ser implementadas em tempo inferior a três dias (normalmente, o ciclo de programação e liberação da produção é de uma semana).

Assim, o sistema kanban manifesta-se como um excelente instrumento de informação para comandar com rapidez a reposição dos estoques. E, principalmente em situações de diversificação da fabricação de produtos a partir da montagem de componentes padronizados, torna-se um instrumento que possibilita rápido atendimento ao cliente, sem que seja necessária a manutenção de alto estoque de produtos finais.

Um dos processos que apresentam essa característica é o de produção de tintas. Pode-se obter uma infindável diversificação de produtos finais (multiplicidade de cores e brilhos) a

partir de pequena diversidade de pastas e de corantes, que são os componentes do produto final. Assim, existindo pastas em estoque, o que pode ser garantido por meio de um sistema kanban, e adotando-se leitura espectofotométrica computadorizada para definir a fórmula de *montagem* da tinta, pode-se reduzir o tempo de atendimento de um pedido de tinta para apenas um ou dois dias. Se for necessário produzir a pasta para um dado pedido, o tempo de atendimento passa a ser de 15 dias, em média.

Porém, a implantação de um sistema kanban para uma fábrica de tintas, assim como para qualquer sistema de produção contínua, esbarra em duas dificuldades. A primeira advém da própria determinação do número de kanbans no sistema (ou tamanho do lote de fabricação). A fórmula consagrada pela Toyota exige o conhecimento do tempo de fabricação de um kanban (um contenedor de produto). Ocorre que, nos sistemas de produção contínua, todo o lote é concluído praticamente no mesmo instante. E, se o tempo de fabricação é função do lote, não há como determiná-lo a priori, pois o que se deseja é exatamente dimensionar o tamanho do lote.

A segunda dificuldade decorre do fato de não ser possível interromper a fabricação de um item antes de completar todo o lote, diferentemente do caso de produto discreto (peça, por exemplo) em que, para evitar a formação de sobrestoque e manter constante o número de kanbans, interrompe-se a fabricação do lote de um item quando todos os contenedores disponíveis forem reabastecidos. No caso de produção contínua, se no instante de início da fabricação do item existirem produtos em estoque, a decisão sobre quanto produzir torna-se mais difícil. Se forem produzidos todos os kanbans do sistema, pode-se gerar sobrestoque. Caso contrário, se se decidir produzir apenas a quantidade dada pelas caixas vazias, corre-se o risco da falta de produto.

Neste artigo, apresenta-se o desenvolvimento do projeto de um sistema kanban para uma fábrica de tintas, que, evidentemente, apresenta as duas dificuldades descritas. Na próxima seção é apresentada solução para contornar a primeira das duas dificuldades descritas. Demonstra-se que a solução proposta implementa a mesma filosofia por trás da fórmula adota pela Toyota. Na terceira seção é apresentada uma solução para evitar a formação de sobrestoque, com o objetivo de contornar a segunda dificuldade anteriormente citada. Na quarta seção apresenta-se o estudo e caso em uma fábrica de tintas.

## **2 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE KANBANS PARA O SISTEMA DE PRODUÇÃO CONTÍNUA**

Diversos autores têm proposto métodos alternativos para a determinação do número de kanbans. Oishi (1995) propõe cinco métodos para esse fim:  $3\sigma$ ; por tentativa; do número ótimo de trocas; do tempo de ciclo de entrega; e do ponto do pedido. Este último desperta muita atenção, pois procura minimizar o número de kanbans no sistema. Contador e Senne (1994) propõem considerar fatores econômicos que poderiam levar a um aumento no número de kanbans em relação àquele originado pelo método ponto do pedido, se assim fosse recomendável. Monden (1984) recomenda o método do ponto do pedido para as situações onde o sistema de produção está *otimizado* (métodos de troca de ferramenta aperfeiçoados e distâncias curtas entre os processos subseqüentes) e propõe a Equação 1, a seguir, para determinar o número de kanbans para atender o ponto do pedido.

Equação 1

$$k = \frac{d(t_e + t_f)}{c}(1 + \alpha)$$

onde:

k é o número de kanbans;

d é a demanda no período T considerado;

$t_e$  é o tempo de espera, definido desde o instante em que foi detectada a necessidade de produzir até o instante em que se inicia efetivamente a produção;

$t_f$  é o tempo para fabricar uma caixa (um kanban) de produtos;

$\alpha$  é um fator de segurança, variando em torno de 15%; e

c é a capacidade da caixa contenedora.

Quando se inicia a fabricação de um item, espera-se que o volume a ser produzido preencha todas as caixas, ou seja, que todos os kanbans presentes no sistema sejam fabricados. Assim, o tamanho do lote de produção é dado pelo produto (k.c).

Observe-se que a soma dos parâmetros ( $t_e + t_f$ ) é exatamente o tempo de ressuprimento do produto (*lead-time*), e que o produto  $d(t_e + t_f)$  representa a demanda durante o *lead-time* de fabricação. Está implícito, portanto, que a Equação 1 determina o mínimo tamanho do lote de fabricação para que não haja falta de material ou de produto.

Assim, o sistema kanban é, na verdade, um sistema de ponto do pedido, sendo que a quantidade máxima em estoque é igual ao estoque mínimo no sistema do ponto do pedido.

Porém, a aplicação da Equação 1, para determinar o número de kanbans segundo o método do ponto do pedido, gera duas dificuldades e uma inconveniência.

A primeira dificuldade, esta de caráter geral, está na determinação do tempo de espera ( $t_e$ ). Sua avaliação a priori, quando há mais de um item sendo processado no posto de trabalho, que é caso bastante freqüente, é difícil. Sua estimativa a partir de dados históricos só pode ser feita após o sistema estar implantado e, mesmo assim, se variar o número de kanbans do sistema, o tempo de espera também varia. Isso geraria experiências infundáveis para se determinar, via dados históricos, o número de kanbans no sistema.

A segunda dificuldade surge particularmente na produção contínua. Nela, pode ocorrer que o lote inteiro seja concluído no mesmo instante. Nessa situação, o parâmetro  $t_f$  da Equação 1 não pode ser determinado.

A citada inconveniência resulta do fato de que a Equação 1, por si só, não considera a capacidade de produção do posto de trabalho. Sua aplicação pode resultar em soluções inviáveis para a carga de trabalho que ela imprime ao posto de trabalho, principalmente se forem produzidos vários itens diferentes.

Para contornar as duas dificuldades citadas, propomos, para a produção contínua, determinar o número de kanbans no sistema por meio da Equação 2 a seguir. Pode-se provar que essa equação conduz ao mesmo resultado da Equação 1 se for adotado o programa de produção nivelada; para definição sobre produção nivelada, vide Slack (1997):

$$k_i = \frac{d_i}{c_i} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n tp_i}{(1 - \alpha)W - W_f} \right]$$

Equação 2

onde:

$k_i$  é o número de kanbans no sistema para o item  $i$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ ;

$n$  é o conjunto de itens processados naquele posto de trabalho, que pode ser uma célula de manufatura;

$d_i$  é a demanda do item  $i$  no período  $T$  considerado;

$c_i$  é a capacidade da caixa contenedora para o item  $i$ ;

$tp_i$  é o tempo de preparação (troca de ferramenta) do posto de trabalho para a fabricação do item  $i$ , dado pela duração que vai do instante em que se concluiu a fabricação do produto anterior até o instante em que se inicia, com qualidade assegurada, a fabricação do item  $i$ ;

$W$  é o tempo disponível do posto de trabalho no período  $T$ ;

$W_f$  é o tempo de trabalho necessário para atender a demanda de todo o período  $T$  para todos os itens processados no posto de trabalho, o qual é dado por  $W_f = \sum_i d_i \cdot tf_i$ , onde  $tf_i$  é o tempo de processamento do item  $i$  no posto de trabalho; e

$\alpha$ , é um fator de segurança para garantir ociosidade estratégica do posto de trabalho (algo em torno de 10% a 15%).

Seja  $(1/r)$  o termo entre colchetes na Equação 2. Esse termo representa o fracionamento da demanda do período ( $d_i$ ) em  $r$  lotes iguais e é o mesmo para todos os itens produzidos no posto de trabalho. Assim, se forem fabricados todos os kanbans a cada vez que o item for liberado, cada item será produzido, no período  $T$ ,  $r$  vezes, sendo o lote de produção  $Q_i$  dado por  $Q_i = k_i \cdot c_i = d_i/r$ . Observe-se que tanto o fator  $(1/r)$  como os demais parâmetros da Equação 2 podem ser determinados facilmente, não havendo dificuldade para a sua utilização.

A Equação 2, que dá o número de kanbans para produção contínua, apresenta três importantes propriedades, as quais serão demonstradas por meio dos três teoremas seguintes.

**Teorema 1.** Para produção contínua, o número de kanbans calculado pela Equação 2 preserva a capacidade de produção do posto de trabalho.

Demonstração:

Seja  $(1-\alpha)W = W'$ . A carga de trabalho do posto no período  $T$ , designada por  $CT$ , será  $CT = \sum_i d_i \cdot tf_i + r \sum_i tp_i$

Da Equação 2 tem-se  $d_i = Q_i \frac{W' - W_f}{\sum_i tp_i}$ . Como  $r = \frac{W' - W_f}{\sum_i tp_i}$

tem-se:

$$CT = \sum_i \frac{Q_i (W' - W_f)}{\sum_i tp_i} \cdot tf_i + \frac{W' - W_f}{\sum_i tp_i} \sum_i tp_i = \frac{W' - W_f}{\sum_i tp_i} \sum_i Q_i \cdot tf_i + W' - W_f$$

$$CT = r \cdot \sum_i Q_i \cdot tf_i + W' - W_f = \sum_i r \cdot Q_i \cdot tf_i + W' - W_f = \sum_i d_i \cdot tf_i + W' - W_f = W'$$

c. q. d

Assim, a programação da produção decorrente do número de kanbans calculado pela Equação 2 preserva a capacidade de produção do posto de trabalho.

Observe-se, então, que a diferença  $[(1-\alpha)W - W_f]$ , que aparece no denominador da Equação 2, representa o tempo disponível no posto para atender às trocas de ferramenta ao longo do período  $T$ .

Teorema 2. Para produção contínua, o número de kanbans calculado pela Equação 2 minimiza o tamanho do lote de fabricação.

Para demonstrar que o número de kanbans calculado pela Equação 2 minimiza o tamanho do lote de fabricação, basta verificar que um possível fracionamento da demanda de qualquer um dos  $n$  produtos em um número maior do que  $r$  lotes (o que tornaria o lote deste item ainda menor) levaria à inviabilização da produção por falta de disponibilidade de tempo, uma vez que maior tempo de preparação seria necessário. Portanto, o menor valor do tamanho do lote de fabricação é dado por  $Q_i = d_i/r$ . c. q. d

A idéia que sustenta a Equação 2 é utilizar, para trocas de ferramentas, todo o tempo disponível no posto de trabalho além daquele utilizado na atividade de produção para o pleno atendimento da demanda. Contador (1996) sugere essa prática como uma das táticas para reduzir o tamanho do lote de fabricação com o objetivo de intensificar o fluxo de produção e aumentar a produtividade de toda a planta industrial.

Teorema 3. A aplicação da Equação 2 implementa a mesma política de estoques decorrente da Equação 1.

Demonstração:

Para demonstrar o teorema, basta provar que o valor  $Q_j = d_j/r$  é igual à demanda durante o *lead-time* do produto  $j$ .

Considere-se que está sendo adotada a programação nivelada da produção. Isto significa que cada item entrará em fabricação sempre o mesmo número de vezes no período, e que um determinado item tornará a ser fabricado só depois que todos os demais itens tiverem sido produzidos. Sendo  $t_0$  o instante em que é iniciada a fabricação do item  $j$ , ele seria novamente fabricado após transcorrido o período de tempo  $T_c$ , chamado tempo de ciclo, dado por:

$$T_c = \sum_{i=1}^n tp_i + \sum_{i=1}^n tf_i Q_i \quad \text{Equação 3}$$

onde:

$tp_i$  é o tempo de troca de ferramenta do item  $i$ ;

$tf_i$  é o tempo de fabricação de uma unidade do item  $i$ ; e

$Q_i$  é o tamanho do lote de fabricação do item  $i$ , dado por  $(k_i \cdot c_i)$

Chamando  $d_j$  a demanda do item  $j$  no período de tempo  $T$ , e  $W'$  a disponibilidade de tempo do posto de trabalho durante esse mesmo período, então  $d_j/W'$  é a demanda do item  $j$  por unidade de tempo disponível no posto de trabalho.

A demanda do item  $j$  durante seu *lead-time* (durante o tempo de ciclo), denominada  $Dc_j$ , será então dada por:

$$Dc_j = \frac{d_j}{W'} \left( \sum_{i=1}^n tp_i + \sum_{i=1}^n tf_i Q_i \right) \quad \text{Equação 4}$$

Como a diferença  $(W' - W_f)$ , que aparece no denominador da Equação 2, ela representa o tempo disponível no posto para atender às trocas de ferramenta ao longo do período  $T$ , essa disponibilidade de tempo, conforme conclusão anterior, é totalmente utilizada nas trocas de ferramenta, ou seja  $(r \cdot Tp = W' - W_f)$ . Portanto, a partir da Equação 4, a demanda do item  $j$  durante o tempo de ciclo  $T_c$  pode ser assim escrita :

$$\frac{d_j}{W_j} (\sum_{i=1}^n tp_i + \sum_{i=1}^n tf_i Q_i) = d_j \frac{\sum_{i=1}^n tp_i + \sum_{i=1}^n tf_i Q_i}{r \cdot \sum_{i=1}^n tp_i + r \sum_{i=1}^n tf_i Q_i} = \frac{d_j}{r} = Q_j$$

c. q. d

Assim, ao adotar a Equação 2 para definir o tamanho do lote ou o número de kanbans no sistema estaremos preservando a capacidade de produção do posto de trabalho, além de minimizar o tamanho do lote de fabricação, eliminando, portanto, todo possível sobrestoque no sistema, tal como propõe a fórmula adotada pela Toyota.

### 3 EVITANDO A FORMAÇÃO DE SOBRESTOQUE

Conforme comentado anteriormente, na produção contínua não é possível interromper a fabricação de um item sem que todo o lote seja completado. Assim, deve-se decidir sobre a quantidade a produzir antes do início da produção. Se nesse instante existir produto em estoque e não se desejar gerar sobrestoque, a decisão sobre o tamanho do lote torna-se mais difícil.

Observe-se que na produção nivelada o mesmo item de uma família só voltará a ser produzido após todos os outros itens terem sido produzidos. Assim, deve-se sempre procurar produzir todos os kanbans presentes no sistema, para evitar a falta de material. Para garantir a não-ruptura de estoque e ainda evitar o possível acúmulo progressivo de estoque no sistema, sugerimos o seguinte procedimento:

1. adotar apenas cartões de produção, com uma face na cor vermelha e outra na cor verde, que são retirados dos contenedores cheios enviados para a linha de produção e afixados no painel de kanbans com a face vermelha à vista. Quando a produção do item for iniciada, a face verde do cartão correspondente é exibida. Após o contenedor ter sido preenchido com produto, é transferido para o armazém juntamente com o correspondente cartão kanban;

2. criar cartões na cor azul, que ficam em poder do transportador de material. Para entender sua função, imagine-se que um dado item possui oito contenedores, e portanto oito cartões, e que sua produção é iniciada quando existirem seis cartões no painel de kanban. Define-se, então, nesse momento, que será produzido um lote correspondente a oito contenedores desse item. Imagine-se, ainda, que até o final da produção nenhum outro contenedor foi utilizado. Assim, haveria dois contenedores a mais no sistema. Quando os oito novos contenedores forem colocados no estoque, o transportador troca os cartões verde/vermelho, que estavam afixados nos dois contenedores restantes em estoque, pelos cartões azuis. Os contenedores são acomodados na prateleira na forma prevista pelo sistema PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai), para que o material com esses cartões azuis seja consumido primeiro. Quando esse item for requisitado pela linha de produção, serão enviados primeiro os contenedores com cartões azuis, mas esses cartões **não vão para o painel**. Ficam na posse do transportador de material, no almoxarifado. Apenas serão afixados cartões no painel kanban quando se utiliza material dos contenedores com cartões verde/vermelho.

Com esse procedimento, é possível manter a política de produção de lotes constantes (igual ao total de cartões kanbans no sistema) e, ao mesmo tempo, evitar sobrestoque no sistema.

## 4 ESTUDO DE CASO

A motivação para o presente trabalho veio da implantação do sistema kanban em uma fábrica de tintas. Nesta seção será brevemente relatada essa experiência.

### 4.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de produção de tintas na fábrica em questão comporta sete fases: a) *pesagem*, onde os componentes da formulação da pasta são pesados; b) *pré-mistura*, onde esses componentes são homogeneizados; c) *moagem*, onde os componentes pré-misturados passam pelos moinhos de esferas para formar a pasta base para a tinta; d) *completagem*, onde são acrescentadas substâncias para dar acabamento à tinta, como brilho; e) *tingimento*, onde é dada à tinta a coloração final desejada; f) *controle de qualidade*; e g) *embalagem*.

Esse processo inteiro consome alguns dias para ser completado. Uma fase crucial é o tingimento, que pode consumir dias, se realizado na base de tentativa e erro. Assim, o prazo médio de atendimento dos pedidos de clientes é de cerca de quinze dias.

Com o objetivo de acelerar esse prazo de atendimento, a empresa adquiriu um *software* que faz a leitura espectrométrica da tinta após a completagem e fornece a quantidade a adicionar de corantes para atingir a coloração desejada. Isto reduziu a algumas horas a duração dessa fase. Mas, mesmo assim, o prazo de atendimento continuava muito alto, devido à morosidade das outras fases do processo, principalmente a moagem. Para diminuir o prazo de atendimento, seria necessário pré-produzir a tinta independentemente do pedido do cliente, o que constitui grave inconveniente pois, como a variedade de tintas é muito grande, aumentaria em muito o valor do estoque médio.

Decidiu-se, então, manter em estoque apenas as pastas. O processo de produção de tintas favorece essa situação, uma vez que com cerca de trinta tipos de pasta é possível *montar* qualquer produto encomendado pelo cliente. A produção de pastas, que envolve as fases de pesagem, pré-mistura e moagem, seria então comandada pelo sistema kanban, e a montagem da tinta, pelo PCP, conforme o pedido do cliente. Isso, aliado à adoção de um processo computadorizado de tingimento, poderia reduzir o prazo de atendimento de um pedido para dois dias.

### 4.2 OS PARÂMETROS DO SISTEMA KANBAN

Inicialmente, foi necessário definir quais produtos seriam comandados pelo sistema kanban. O comportamento da demanda é fator decisivo para essa definição. Produtos com demanda freqüente ao longo do tempo e com pequena variabilidade em torno da média são favoráveis, do ponto de vista da redução dos estoques. Porém, como a preocupação da empresa estava mais voltada à redução do prazo de atendimento do que à redução dos estoques, esse critério foi relaxado. Assim, incluiu-se no sistema kanban os 14 tipos de pastas necessárias à fabricação das principais tintas, cuja demanda mensal média era de aproximadamente oito toneladas.

Para projetar um sistema kanban é necessário determinar três parâmetros básicos: tamanho da caixa contenedora, número de cartões no painel e regra de decisão para liberar a produção. Os dois primeiros são definidos a partir da determinação do lote de produção. No caso em questão, o procedimento foi o seguinte.

A operação de pesagem demanda um tempo, praticamente constante, de 32 minutos e é realizada por apenas um homem, para cada ordem de fabricação. Não requer preparação de



máquina, e no setor não existe restrição de equipamentos. Assim, este setor não foi considerado na determinação do lote de fabricação.

A pré-mistura é realizada em tachos posicionados sob um misturador de hélice. A preparação compreende o transporte do material e do tacho (cerca de dois minutos). O tempo de operação inclui a alimentação do tacho com as matérias-primas (que é função do tamanho do lote  $Q$ , em toneladas, e dado pela relação  $t = 4,5 + 38,4.Q$  [min], determinada por regressão estatística) acrescido do tempo de homogeneização do material (41 minutos, independentemente do tamanho do lote). Assim, tanto o tempo de homogeneização quanto a constante da equação anterior (4,5 minutos) são fixos e podem ser entendidos como tempo de preparação da produção (duração independente do lote), para efeito de dimensionamento do lote. Portanto, o tempo de preparação da pré-mistura foi considerado igual a 47,5 minutos (0,79 hora). O tempo de produção, por sua vez, necessário ao atendimento da demanda mensal, sai da parte variável da equação anterior e é de 5,1 horas/mês. Para cada um dos 14 produtos foi reservado um misturador. A seção opera em dois turnos diários, tendo pois disponibilidade de 360 horas mensais, considerando-se uma ociosidade estratégica de 10%.

Assim, pela aplicação da Equação 2, tem-se  $W - W_f = 355$  horas,  $\sum_{i=1}^{14} tp_i = 11,1$  horas e o fator de fracionamento da demanda igual a 32, o que indica ser possível executar 32 preparações por mês para cada pasta, ou seja, um lote mínimo igual a um dia demanda.

No Setor de Moagem, o tempo médio de preparação do moinho é de 62 minutos, e o tempo necessário à produção de toda a demanda mensal, de 135 horas. Como há dois moinhos para essas pastas, trabalhando em dois turnos, e adotando a mesma metodologia utilizada na pré-mistura, concluiu-se ser possível executar 34 preparações por mês para cada pasta.

Decidiu-se, portanto, definir lotes de produção de tamanho constante e suficiente para um dia de demanda, adotando o conceito de produção nivelada. Adotou-se portanto o sistema de cartões azuis descritos na seção 4. Com isso, todas as 14 pastas serão produzidas todos os dias. Essa solução é viável do ponto de vista da capacidade também para o Setor de Pesagem, uma vez que demanda cerca de 7,5 horas de atividades diárias de um homem.

Finalmente, para definir a regra de decisão para liberar a produção, deve-se observar que a Equação 1 e a Equação 2 determinam lote de fabricação igual ao nível de estoque do ponto de pedido. Nessas circunstâncias, a liberação da produção é disparada quando da colocação do primeiro cartão no quadro kanban. Como, no caso em questão, os lotes adotados eram muito próximos daqueles obtidos pela aplicação da Equação 2, adotou-se essa mesma regra para disparar a produção de um produto.

## REFERÊNCIAS

CONTADOR, José Celso. *Modelo para aumentar a competitividade industrial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

CONTADOR, José Luiz; SENNE, Edson Luiz França. Determinação do número ótimo de kanbans para múltiplos produtos processados numa célula de manufatura no ambiente just in time. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 14., 1994, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: UFPB, 1994

MONDEN, Yasuhiro. *Sistema Toyota de produção*. São Paulo: IMAM, 1984.

OISHI, Michitoshi. *Técnicas integradas na produção e serviços*. São Paulo: Pioneira, 1995.

SLACK, Nigel et al. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1997.

## THE KANBAN SYSTEM FOR THE MANUFACTURE OF PAINT

### ABSTRACT

This paper presents a case study for the project and implementation of a kanban system in a paint factory. The paint factory uses a continuous production system, which brings two main problems for the kanban system. The first is that of the number of kanbans in the system (that is, the determination of the amount of each batch to be manufactured). The formula which has been consecrated by Toyota requires that the manufacture time of each batch is known. In addition, in the case in question, the entire batch is finished in a single period. The second problem is that of altering the size of the batch during the manufacture. In discrete production systems (car parts, for example), as the intention is to avoid the accumulation of stock, it is usual to interrupt the production of an item as soon as all the empty boxes are filled again. In this case, if, at the beginning of the manufacture of an item there are kanbans still in stock, this decision is difficult if one wishes to avoid the lack of excess stock in the system. This study presents a proposal to deal with these problems.

**Keywords:** Stock control; Kanban; Continuous production

---

Data do recebimento do artigo: 09/08/2004

Data do aceite de publicação: 18/10/2004