

## **Conectando a Montagem aos Processos em Lotes através de Sistemas Puxados Básicos**

Art Smalley

*Tradução: Diogo Kosaka*

Sistemas puxados são uma parte fundamental da manufatura lean e freqüentemente são mal entendidos e considerados difíceis de se implementar. Especificamente, uma área de dificuldade freqüente que acredito é de encontrar a conexão apropriada entre processos da linha de montagem com processos em lote como estamparia, injeção, pintura ou operações como usinagem, por exemplo.

Existem três tipos básicos de sistemas puxados de produção; sistema puxado com supermercado, sistema puxado seqüencial e sistema puxado misto com elementos dos dois outros sistemas combinados (veja o glossário no final da história). Em todos os três casos, os elementos técnicos importantes para o sistema ter sucesso são:

1. Produtos fluindo em pequenos lotes (criando "one piece flow" onde for possível).
2. Puxar os processos de acordo com o tempo takt (não permitindo a superprodução).
3. Sinalizar o reabastecimento através de um kanban.
4. Nivelar o mix de produtos e a quantidade.

Para conectar processos em lote com a linha de montagem, o sistema puxado de produção, em conjunto com um tipo específico de kanban conhecido como kanban de sinalização, é utilizado. Há pelo menos três tipos diferentes de kanban de sinalização e o uso apropriado depende da natureza do seu processo e da manufatura. Os três tipos de kanban de sinalização são:

1. Kanban de produção padrão
2. Kanban fabricação em lotes

### 3. Kanban triangular

O Kanban de Produção Padrão estabelece uma ordem de produção fixa e algumas regras básicas sobre tamanho do lote, o qual pode variar um pouco com a necessidade. No entanto, o padrão fundamental ou a ordem de produção é sempre mantida. Isso cria uma seqüência fixa (i.e. padrão) de produção que é continuamente repetida. Geralmente esse estilo de produção é necessário em processos de tratamento térmico, pintura, ou outros processos com seqüências de trocas específicas. Enquanto a seqüência de produtos deveria ser fixa nesses casos, a quantidade real produzida em cada ciclo não é fixa e varia de acordo com as necessidades do cliente. Isso é conhecido como pedido fixo/ciclo de reabastecimento de quantidade variável.

Por exemplo, em um ciclo de oito horas, as peças sempre vão de A a F (a dificuldade das trocas pode ditar esta ordem). Estoques do supermercado central é uma função do padrão de ciclo de reabastecimento. Assim, um ciclo de um dia implica em estoque mínimo de um dia que deve ser mantido no supermercado; um ciclo de uma semana significa um estoque de uma semana. A principal desvantagem do Kanban de Produção Padrão é que a seqüência é fixa; você não pode pular da peça C para a peça F.

O Kanban de Produção Padrão estabelece um ritmo e uma seqüência de produção. Contanto que o ritmo de toda produção seja mantido perto do tempo takt e o supermercado comande a puxada entre os dois processos, o sistema funciona. É o primeiro e básico passo para o estabelecimento do controle da produção e do sistema puxado entre dois processos separados por um supermercado.

Os prós são que cria uma ordem estabelecida onde antes não existia. Também permite a melhor seqüência de produção para facilitar a troca, se for necessário. Os contras são que isso não é um sistema just-in-time perfeito já que você deve esperar a sua vez na ordem em que a fila caminha e assim algum atraso é envolvido. Infelizmente,

também não tende a pressionar o sistema a reduzir os tempos de troca, tempo de estoque ou lead time (exceto por intervenção gerencial).

### **Quadro de controle dos lotes**

Fazer em lotes com um quadro de controle dos lotes requer a criação de um kanban físico para cada container de peças no sistema. Assim que o material for consumido do supermercado, o kanban é imediatamente destacado e periodicamente trazido de volta para o processo de produção em lote anterior em um quadro que destaca todas as peças e mostra o espaço vazio entre cada cartão kanban no sistema. Isto é um exemplo de quantidade fixa/estilo pedido variável do reabastecimento puxado.

O retorno do kanban no espaço vazio do quadro indica que o estoque foi consumido do supermercado; kanbans não retornados representam que ainda há estoques no supermercado. Assim que o ponto de disparo pré-definido é alcançado, o operador da produção sabe que deve começar a fazer o produto para reabastecer o material no supermercado. Se os vários pontos de disparos são alcançados de uma só vez, a produção tem que estabelecer regras considerando o que deve ser produzido primeiro (neste cenário o padrão ou seqüência não é fixa) e onde produzir. Por outro lado, os supervisores irão decidir o que fazer baseados em informações disponíveis.

Há varias vantagens desse método. Uma é que a seqüência de programação é mais flexível do que com o Kanban de Produção Padrão. Uma segunda é que fornece uma representação visual do consumo de estoque e destaca problemas emergentes no supermercado central.

Há desvantagens nesse tipo de kanban também. Requer muitos kanbans se você possuir muitos tipos de peça, e os kanbans devem ser trazidos de volta a tempo e de maneira segura para o quadro de controle de lotes ser preciso. Além disso, tem o problema inerente de várias peças alcançarem o ponto de disparo ao mesmo tempo. Nessas

circunstâncias, é necessário o julgamento humano para decidir o que produzir entre dois ou mais produtos que atingiram o ponto de disparo. Disciplina é requerida por parte dos programadores e supervisores para não permitir a formação de estoques adiantado de quando for necessário.

## Kanban Triangular

O método que a Toyota seguiria na maior parte do tempo para ligar processos em lote com o processo posterior de montagem é denominado kanban triangular. Abaixo está um exemplo sem muitos detalhes de como usar esse método na implementação lean (Veja manual **Criando o Sistema Puxado Nivelado** do LIB para explicações mais detalhadas). O exemplo assume que você possui um departamento de usinagem em lote que alimenta alguma linha de montagem final. O departamento de usinagem tem cinco máquinas que fazem 11 variações de produtos totalmente diferentes. A demanda para cada produto varia significativamente, assim como a embalagem padrão de cada peça. O tempo de setup (troca) é de mais ou menos três horas.

1. Pegue as 11 peças e dedique-as para as cinco máquinas.  
(idealmente por exemplo quatro máquinas teriam dois tipos de peça para fazer e uma máquina teria três tipos de peça pra fazer, mas isso depende do volume e do mix, etc).
2. Agora vamos pegar uma máquina dedicada que tem várias peças que foram atribuídas para ela fazer.
3. Crie um único kanban triangular para cada peça incluindo a seguinte informação.
  - a. Número da peça
  - b. Descrição da peça
  - c. Localização no estoque
  - d. Máquina para ser feita
  - e. Espaço para registrar a data do disparo
  - f. Número da ferramenta
  - g. Tamanho do lote

h. Ponto de disparo

4. Determine a quantidade diária a ser feita de cada peça. Calcule a sua demanda média diária para cada peça. Se você não tiver nivelado a linha de montagem final provavelmente se prepare para adicionar uma quantidade adicional para cobrir a variação na demanda. Vamos assumir que você tem dois turnos de oito horas disponíveis para a produção que equivalem a 16 horas de produção (o caso mais simples). Se você tiver duas peças em uma máquina, você pode dimensionar o tempo de produção baseado em cima de uma demanda diária média e o tempo de ciclo para fazer a peça. Por exemplo, vamos dizer, para facilitar os cálculos, que o tempo necessário de produção é de 10 horas.
5. Determine o tempo disponível para trocas. Neste caso de 16 horas de produção e 10 horas de demanda sobram seis horas para trocas por dia. Você deve incorporar qualquer downtime e scrap em um curto prazo – mas eliminar isso a longo prazo. Assim, no nosso caso (ignorando o “downtime”, etc.) você tem tempo disponível para duas trocas diárias ou aproximadamente uma para cada turno de acordo com os atuais cálculos.
6. Determine o tamanho do lote para cada peça. Há várias maneiras diferentes de se fazer isso, mas para simplificar eu irei apenas descrever o mais fácil. Nesse caso o tamanho do seu lote é de apenas um dia de produção desde que você tenha dois tipos de peça para essa máquina e terá em média duas trocas por dia. Em resumo, você está fazendo cada peça todo dia. Se você tivesse 10 tipos de peça nessa máquina você teria tamanhos de lote para cinco dias.
7. Determine seu ponto de disparo para o reabastecimento. Para fazer isso, adicione o tempo para se fazer o componente mais demorado, adicione os tempos de troca, e adicione o tempo para fazer o primeiro container e repor de volta no supermercado. Esse é o nível mínimo que você pode estabelecer para um ponto de disparo para o reabastecimento de um produto. (Um ponto de disparo médio deve ter 300 unidades).

O sistema trabalha pendurando um único kanban triangular no ponto de disparo no estoque. Quando o ponto de disparo é alcançado, o movimentador de materiais leva o kanban de volta para a máquina produzir. O kanban é pendurado sobre a máquina e dita o que deve ser produzido e o tamanho do lote.

O sistema puxado triangular tem muitas vantagens. Ele funciona sozinho uma vez que estabelecido e desde que a demanda média não mude. Se mudar, troque o tamanho do seu lote de acordo com a necessidade. O sistema triangular também ajuda a estabelecer a qualidade já que o produto é dedicado a uma máquina, e absorve alguma variação, mas você ainda pode escolher fazer o produto em outras máquinas.

O lado ruim é que o estoque no supermercado não é visível o tempo todo já que não há um quadro de controle dos lotes com cartões. Você irá ver, no entanto, quantos kanbans estão pendurados na máquina o que é um bom indicador que o estoque está acabando e também uma ferramenta para controle visual. Além disso, há apenas um kanban por peça para controlar. Outros desafios menores incluem, é claro, compreender quando deve ser a data limite para a programação da manutenção (para alguns tipos de máquina) e quais impactos isso terá na programação. Você deve também ficar atento a um simples sinal para levar qualquer matéria prima necessária para máquina.

No final, você deve decidir qual é principal objetivo na implementação do sistema puxado. Cada uma das três maneiras descritas funciona para programar processos em lote em conjunto com o supermercado, mas cada uma enfatiza um ponto principal. Vale a pena calcular o nível de estoques, tempos de ciclos e regras de operação para cada uma das três diferentes maneiras. Construa uma matriz simples, avalie cada uma delas de acordo com suas prioridades, e escolha a que melhor encaixa na necessidade da sua empresa.

## **Glossário (adaptado do Léxico Lean)**

Existem três tipos básicos de sistema puxado:

### **Sistema Puxado com Supermercado**

É a forma mais básica e mais difundida de produção puxada, também conhecida como sistema de reposição ou sistema puxado tipo A. Em um sistema puxado com supermercado, cada processo tem uma loja, um supermercado, que armazena uma quantidade de cada item produzido. Cada processo produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado. Normalmente, quando o material é retirado do supermercado pelo processo fluxo abaixo, um kanban ou outro tipo de informação é enviado fluxo acima ao processo fornecedor, que, então, irá repor o que foi retirado. Cada processo é responsável pela reposição de seu supermercado, de modo que o gerenciamento diário do local de trabalho é relativamente simples e as oportunidades de kaizen são relativamente fáceis de perceber. A desvantagem de um sistema com supermercado é que um processo precisa manter um estoque com todas as peças que produz, o que pode não ser prático caso a variedade de peças seja muito grande.

### **Sistema Puxado Seqüencial**

Também conhecido como sistema puxado tipo B, o sistema puxado seqüencial pode ser empregado quando houver uma variedade de peças muito grande a ser armazenada em um supermercado. Os produtos são basicamente feitos sob encomenda e o estoque total do sistema é minimizado.

Em um sistema seqüencial, o departamento de programação deve estabelecer o mix correto e a quantidade de produtos a ser produzida. Isso pode ser feito colocando-se cartões kanban em um Heijunka Box, geralmente no início de cada turno. Essas instruções de produção são então enviadas ao processo inicial do fluxo de valor. É comum que isso seja feito na forma de uma "lista seqüencial". Cada um dos processos seguintes produz em seqüência os itens que chegam até ele, originados no processo

anterior.

O FIFO para cada produto precisa ser mantido continuamente.

Um sistema seqüencial cria uma pressão para que se mantenha os lead times curtos e previsíveis. Para que esse sistema funcione efetivamente, o padrão seguido pelos pedidos dos clientes precisa ser bem compreendido. Caso os pedidos sejam difíceis de prever, o lead time de produção deve ser muito curto (menor que o lead time do pedido) ou um supermercado adequado de produtos acabados precisa ser mantido.

Um sistema seqüencial requer um gerenciamento rígido para ser mantido, e as melhorias no chão de fábrica podem ser um desafio difícil.

### **Sistema Puxado Misto Seqüencial e com Supermercado**

Sistemas puxados com supermercado e seqüenciais podem ser empregados conjuntamente em um sistema misto, também conhecido como sistema puxado tipo C. Um sistema misto pode ser apropriado quando uma regra 80/20 for aplicável: um percentual pequeno da gama de peças (talvez 20%) respondem pela maior parte (talvez 80%) do volume de produção diário.

Geralmente faz-se uma análise para segmentar as peças por volume, de acordo com a freqüência de pedidos: (A) alta, (B) média, (C) baixa e (D) não-freqüente. O tipo D pode representar pedidos ou peças especiais para reposição. Para lidar com os itens que têm pouca saída, um kanban especial para o tipo D pode ser criado para representar, não uma peça específica, mas uma determinada quantidade de capacidade. A seqüência de produção para os produtos D é então estabelecida pelo método utilizado pelo departamento de programação para as peças do sistema puxado seqüencial.

Tal sistema misto permite que os sistemas com supermercado e seqüencial sejam aplicados seletivamente, conseguindo-se os benefícios proporcionados por cada um deles, mesmo em ambientes que a demanda é complexa e variada. Os dois sistemas podem ocorrer ao mesmo tempo, lado a lado, horizontalmente, ao longo de um fluxo de valor completo, ou podem ser usados para uma determinada peça em alguns trechos de seu fluxo específico de valor.

Um sistema misto pode dificultar o balanceamento do trabalho e a

identificação de condições anormais. Pode também se tornar mais difícil à condução e o gerenciamento do kaizen. Assim, para que o sistema misto funcione eficazmente, exige-se uma gestão muito rigorosa.

***Art Smalley*** é o autor do manual **Criando o Sistema Puxado Nivelado** do LIB, que mostra como implementar um sistema de controle de produção puxado e nivelado. Enquanto trabalhou na Toyota, foi importante na transferência de equipamentos e métodos de produção para plantas em diversos países. Foi Diretor de Operações da Donneley Corp e consultor da Mckinsey. Art é membro do "Shingo Prize Hall of Fame".