

# Projeto de um simulador analógico do sistema *kanban* para fins educacionais

Muris Lage Junior (UFSCar) muris@dep.ufscar.br

Flavio César Faria Fernandes (UFSCar) dfcf@power.ufscar.br

## Resumo

*Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um simulador analógico do sistema kanban para fins educacionais utilizado na Universidade Federal de São Carlos como resposta à demanda representada pela dificuldade dos alunos do curso de engenharia de produção em entender o funcionamento do sistema kanban de duplo cartão. Os métodos expositivos mostraram-se inadequados para transmitir esse funcionamento, seja pela suas características e peculiaridades complexas ou pela carência da vivência dos alunos em ambientes produtivos reais. Dessa forma, o simulador foi criado para funcionar como uma alternativa de ensino e auxílio no processo de aprendizagem. É apresentado um breve referencial teórico sobre o just-in-time, kanban e sobre o uso da simulação como método de ensino. Após, são descritas as diretrizes principais que guiaram a elaboração do simulador, incluindo a descrição do produto, do processo, das máquinas utilizadas e dos itens do sistema, que podem ser entendidas como um modelo que pode ser explorado por professores ou instrutores para criação de ferramentas ou instrumentos de ensino similares.*

*Palavras chave: Simulador, Kanban, Just in Time.*

## 1. Introdução

O presente trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um simulador analógico do sistema *kanban* para fins educacionais utilizado nos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos. A criação do simulador se deu em função da dificuldade encontrada pelos alunos em entender o funcionamento dinâmico do sistema *kanban* de duplo cartão apenas por figuras, textos ou diagramas feitos em lousa. Isto se deve ao fato de que os principais conceitos são complicados de serem compreendidos de forma analítica, tomando-se cada item de estudo em separado. A compreensão do *kanban* deve incluir todo o conjunto das variáveis do sistema dentro de sua rede de relacionamentos. Os métodos expositivos não conseguem transmitir adequadamente esse funcionamento, seja pela suas características e peculiaridades complexas ou pela carência da vivência dos alunos em ambientes produtivos reais.

Dessa forma, o simulador tem o intuito, de funcionar como uma alternativa de ensino e auxílio no processo de aprendizagem, sendo utilizado como complemento das disciplinas, levando a uma melhor compreensão e assimilação dos conteúdos teóricos. Segundo Kolb (1997), para que ocorra o aprendizado é necessário que as pessoas se envolvam completa e abertamente em experiências concretas. A utilização do simulador, além de oferecer essa aprendizagem vivencial, proporciona maior facilidade de percepção do esquema prático de utilização do *kanban* e do *Just in Time* (JIT), que se constituem como importantes objetos de estudo, principalmente nos cursos de engenharia de produção.

Somando-se a isso, a participação efetiva dos alunos em atividades e operações de um processo produtivo em um ambiente mais próximo possível da realidade pode ser considerada

como fator extremamente motivante no aprendizado. No decorrer de cada simulação os alunos integram a teoria e a prática e evita-se, assim, a visão isolada de cada uma delas, elevando-se o potencial de contribuição para o processo ensino-aprendizagem e auxiliando professores e alunos a obterem melhores resultados por meio de uma nova prática pedagógica. Verifica-se, ainda, que a importância da utilização do simulador reside no seu papel de conseguir um posicionamento mais ativo dos alunos, por meio da experiência prática, além de transmitir uma grande quantidade de conceitos.

A estrutura deste trabalho é a que segue: na seção 2 é apresentado inicialmente um referencial teórico sobre o *Just-in-Time*, sobre o sistema *kanban*, seus conceitos e principais características, e sobre o uso da simulação como método de ensino. Na seção 3, são apresentadas as especificações do simulador, seu funcionamento e utilização. Na quarta e última seção, são tecidas as conclusões.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 O *Just in time*

O JIT, juntamente com o *kanban*, é um dos elementos-chave da eficácia e sucesso do Sistema Toyota de Produção (STP), associado a todos os seus princípios, métodos e técnicas de aplicação deste conjunto. Segundo Ghinato (1995), O STP trata-se da completa eliminação dos defeitos por meio da identificação, detecção e ação imediata sobre os erros.

Operacionalmente, o JIT significa que cada processo deve ser suprido com os itens e quantidades certas, no tempo e lugar certo. Segundo Buffa (1987), as características do JIT são singulares, em termos de filosofia e procedimentos. A ênfase está no ritmo (como o nome sugere – justo a tempo) e, além disso, é dada grande atenção aos relacionamentos com os fornecedores, que devem ser poucos, próximos e de longo prazo. Liberdade nos contratos, entregas frequentes, pequenos lotes e quantidades exatas também fazem parte do esquema de compras.

O sucesso da filosofia do JIT depende, dentre outros fatores, de quatro princípios básicos (CORRÊA *et al*, 2001):

- a) Eliminação de desperdícios (desperdício de superprodução, desperdício de tempo de espera, desperdício de transporte, desperdício de processamento, desperdício de estoque, desperdício de movimentação, desperdício de produzir produtos defeituosos);
- b) Envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisão;
- c) Participação dos fornecedores; e
- d) Controle total da qualidade.

O desenvolvimento do JIT se credita a *Toyota Motor Company*, que buscava, em meados da década de 50, um sistema de administração que pudesse coordenar a produção de produtos em lotes pequenos, com qualidade e com um mínimo atraso.

O sistema *kanban* de controle de estoques é parte integral do sistema JIT de produção, e tem recebido bastante atenção. Trata-se de um sistema projetado para assegurar que seja produzida somente a quantidade de itens necessários por meio da alimentação “puxada” do processo. As principais limitações do JIT estão ligadas à necessidade de redução de *setups*, à variedade de produtos oferecidos e à variação da demanda. Este sistema requer que a demanda seja

relativamente estável, para que se consiga um balanceamento adequado dos recursos. Se houver uma variedade muito grande de produtos, a manutenção de estoques requerida pelo sistema, ainda que pequenos, fica inviável (CONTADOR & CONTADOR, 1997).

## 2.2 O *kanban*

O *kanban* é o método de operacionalizar todo o sistema de Planejamento e Controle da produção JIT. Trata-se de um subsistema do JIT usado para controlar os estoques em processo, a produção e o suprimento de componentes (ESPARRAGO JR, 1988). De acordo com Monden (1984), “o sistema *kanban* é um meio de informação que controla harmoniosamente a produção dos produtos necessários nas quantidades necessárias e no tempo necessário, em todo o processo de uma fábrica”.

Na visão de Luss (1989), na prática, a utilização do *kanban* é atraente tendo em vista a sua simplicidade e por seu mecanismo de controle de realimentação que responde prontamente às perturbações inesperadas ocorridas na produção.

Seu princípio básico assemelha-se à reposição de produtos nas prateleiras de um supermercado, onde o repositor sempre acompanha a quantidade de produtos nas gôndolas e quando há o consumo dessas unidades sua função é repor exatamente o que foi consumido. Neste sistema, a demanda do produto final é que dá a partida na fabricação, onde cada estação de trabalho consome itens da estação imediatamente anterior puxando os itens ao longo do processo produtivo.

Algumas medidas são necessárias para se organizar o sistema *kanban*: Dimensionar os recipientes que acomodarão os itens produzidos; dimensionar os lotes; dimensionar os estoques; definir as informações contidas nos cartões; preparar o painel de *kanbans*.

Dentre as principais características do sistema *kanban*, pode-se citar que é de uso informal, simples e de fácil compreensão, ser de gerenciamento visual e ser gerenciado pelos próprios funcionários. Para o bom funcionamento do *kanban* são necessários um ambiente participativo, cooperativo e comprometimento entre empresa e funcionários. Outra característica importante deste sistema é que ele forma estoques controlados, limitando a quantidade de estoque em processo (CONTADOR & CONTADOR, 1997).

Existem dois tipos clássicos de sistemas de controle por *kanban*: Com Duplo Cartão e com Cartão Único.

No sistema *kanban* de Duplo Cartão, 2 tipos de cartão são utilizados: Cartão de requisição ou movimentação: autoriza o movimento de peças das estações de alimentação às estações de uso, funcionando como uma espécie de passaporte; Cartão de ordem de produção: autoriza a produção de peças para repor as requisitadas para uso em estações subseqüentes. O primeiro tipo é usado para um número determinado de peças e circula apenas entre dois centros de processamento consecutivos, e o segundo tipo é usado apenas no centro de processamento que produz a peça, ou seja, o *kanban* de ordem de produção é um mecanismo de controle dentro do processo e o *kanban* de requisição é um mecanismo de controle entre os processos.

O manuseio de materiais no sistema de cartão duplo original pode ser operacionalizado de duas formas: (i) quantidade de itens fixa e ciclo de retirada variável ou (ii) quantidade de itens variável e ciclo de retirada constante. No primeiro caso, as peças são retiradas quando o número de cartões de requisição atinge uma quantidade pré-determinada, chamada de ponto de ordem. Dessa forma, o número de contenedores e, conseqüentemente, o número de peças retiradas da estação de trabalho antecedente e transportadas para a estação de trabalho subseqüente é sempre igual, variando apenas o tempo do ciclo de retiradas, que depende da variabilidade dos tempos de processamento. Já no segundo caso, o período entre as operações

de retirada de materiais é fixa e a quantidade de peças transportadas dependerá do uso durante esse intervalo constante. Segundo Berkley (1992), sistemas com ciclo constante são freqüentemente utilizados para controlar estoques entre os fornecedores e as plantas clientes, onde caminhões realizam jornadas de entrega sob uma escala fixa.

No caso do *kanban* com cartão único, existem dois principais tipos de sistemas (FERNANDES, 2005): sistema com apenas o cartão de ordem de produção e sistema com apenas o cartão de requisição. No primeiro caso, os cartões de requisição são suprimidos, e há apenas uma área de estocagem entre dois centros de trabalho consecutivos, sendo este o caso mais freqüente em fábricas no Brasil. Essa situação simplificada é possível de aplicar em produtos simples onde é pequeno o risco de trazer o material errado para a estação de trabalho. Como descrito em Schonberger (1983), a maioria das empresas do Japão que usa o sistema *kanban* utiliza o sistema de cartão único de requisição. Inicialmente é mais fácil utilizar esse sistema, e adicionar posteriormente o *kanban* de ordem de produção. Neste segundo caso, os itens são produzidos e pedidos de acordo com um programa, geralmente diário, e as entregas para os processos subseqüentes seguem o esquema de “puxar”.

### 2.3 O uso da simulação

Dentre as diversas classificações e meios de ensino existentes, dois agrupamentos apresentam-se entre os métodos principais: (i) aprender pela simulação da realidade, e (ii) aprender pela teoria.

Segundo Freitas & Maximiano (1999) o método do aprender pela teoria, ou abordagem conceitual privilegia a explanação oral e a instrução programada como técnicas de transmissão conceitual. O sucesso desta técnica depende da capacidade do comunicador e dos recursos disponíveis, como quadro negro, projetor de slides, equipamentos, etc.

Ainda de acordo com estes autores, no método do aprender pela simulação da realidade, cujo simulador apresentado por neste trabalho se insere, o processo de aprendizagem utiliza recursos técnicos da simulação criando situações muito próximas da realidade. As principais vantagens das técnicas simuladas são sua maior aproximação do processo de aprendizagem profissionalizante, além de demandar uma mudança de postura, na medida em que elas forcem o maior envolvimento do aluno no seu próprio processo de aprendizagem. É preciso observar as limitações existentes quanto à utilização deste método como recurso pedagógico, tais como os de ordem financeira, visto que a criação de espaços dedicados ao ensino prático exige recursos financeiros maiores e, além disso, exige uma boa sensibilidade e grande capacidade de observação por parte dos alunos.

### 3. O simulador

Aqui são apresentadas as diretrizes gerais utilizadas e que guiaram a elaboração do simulador analógico, que pode ser entendido como um modelo, o qual pode ser amplamente explorado por professores ou instrutores para criação de ferramentas ou instrumentos de ensino similares.

O Simulador foi criado para funcionar como meio de ensino do sistema *kanban* de cartão duplo, cujos alunos possuem dificuldade de entender. Por meios de ensino, segundo Libâneo (1994), designam-se todos os meios e recursos materiais que podem ser utilizados pelo professor e pelos alunos para a organização e condução metodológica do processo de ensino e aprendizagem. O simulador atua como tal, apoiando a aprendizagem, e tornando-a mais dinâmica e atrativa, facilitando a visualização dos conceitos associados ao sistema *kanban*.

Para o desenvolvimento do simulador analógico procurou-se por um modelo que agregasse as características mais significativas do sistema, buscando representar sem, no entanto, tornar-se

complexo a ponto que dificultasse a compreensão do fenômeno em si. O simulador, seus elementos (o produto a ser fabricado, os operadores do sistema produtivo, as máquinas utilizadas, os itens do sistema e o processo) são descritos a seguir.

### 3.1 O produto

Os principais requisitos para a escolha do produto adequado para ser fabricado como uma simulação de um sistema produtivo, e de acordo com os objetivos deste trabalho, foram sua simplicidade e a característica de possuir uma montagem no final do processo.

A simplicidade se faz necessária neste caso, pois os produtos serão fabricados por alunos de engenharia de produção, que em sua maioria nunca teve nenhum contato com máquinas, ferramentas e/ou processos de fabricação (característica essa que torna ainda mais interessante o uso do simulador analógico, pois se tratará, possivelmente, do primeiro contato real deles com máquinas e processo de fabricação e todas as suas características). Outro motivo relevante para a simplicidade do produto é facilitar a aquisição das matérias primas necessárias para sua fabricação pelo departamento de engenharia de produção, sempre que necessário.

A característica de possuir montagem final no processo é que, dessa forma, será possível utilizar um programa de montagem, o que é uma característica do sistema *Just in Time* original operacionalizado por *kanban* de duplo cartão.

Tendo-se o pleno entendimento das características necessárias citadas acima, o produto proposto para ser fabricado na simulação foi a régua “T”, em dois tamanhos, perfazendo portanto dois produtos: régua T - tamanho pequeno e régua T - tamanho grande. A estrutura do produto é mostrada na figura 1.

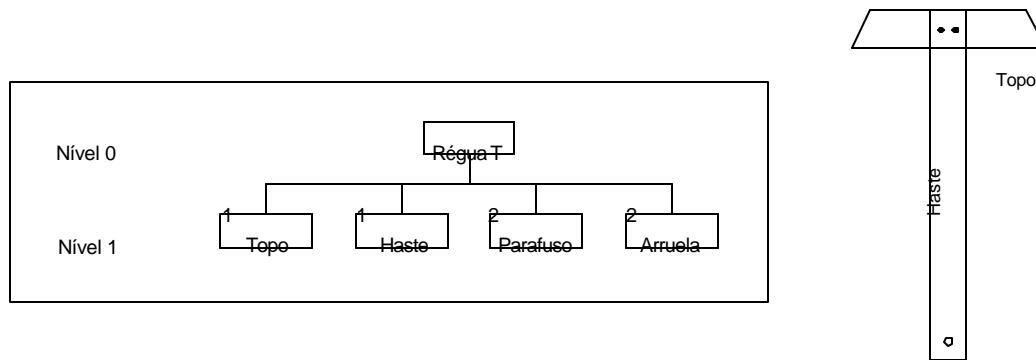


Figura 1: Estrutura do Produto Régua T.

### 3.2 As máquinas

As máquinas do laboratório de desenvolvimento de produtos do departamento de engenharia de produção da UFSCar necessárias para a produção das régua são: uma serra circular; uma serra de fita; uma furadeira universal de coluna para bancada; uma lixadeira de cinta e platô. A montagem final não utiliza nenhuma máquina, apenas ferramentas, gabarito e uma bancada.

### 3.3 Os operadores

Para o pleno funcionamento do processo são necessários 7 operadores: dois na serra circular: um operando a serra e outro dando suporte; dois na serra de fita: um operando a serra e outro dando suporte; um na furadeira; um na Lixadeira; um na montagem final.

### 3.4 Os componentes do sistema *kanban*

Para a utilização do sistema *kanban* de cartão duplo quatro componentes fundamentais foram desenvolvidos: os cartões *kanban*, o quadro ou painel de *kanbans* de ordem de produção, o posto de *kanbans* de requisição e as áreas de estocagem (estoques de entrada e saída).

#### 3.4.1 Os cartões *kanban*

O simulador foi desenvolvido para a utilização do sistema *kanban* com cartão duplo. Portanto, foram desenvolvidos o cartão de ordem de produção e o cartão de requisição. A figura 2 mostra exemplos do cartão de ordem de produção e cartão de requisição.

|   |  |
|---|--|
| ○   |  |
| Centro de Trabalho<br><b>SERRA 1</b>            | Fábrica do Laboratório de Produto do DEP |
| Nome do Item<br><b>RIPA HG-S</b>                | <b>P</b>                                 |
| Número do Item<br><b>000001/01</b>              |  |
| Área de Estocagem<br><b>ES - SERRA</b>          | Capacidade do Contenedor                 |
| Itens Necessários<br><b>PISO LAMINADO BRUTO</b> | <b>2</b>                                 |
| Kanban de produção de peças                     |  |

|  |  |
|--|--|
| ○  |  |
| Nome do Item<br><b>RIPA HG-F</b>                     | Fábrica do Laboratório de Produto do DEP |
| Número do Item<br><b>000001/02</b>                   | <b>R</b>                                 |
| Área de Estocagem - Origem<br><b>ES - FURADEIRA</b>  |  |
| Área de Estocagem - Destino<br><b>EE - LIXADEIRA</b> | Capacidade do Contenedor                 |
| Kanban de requisição de peças                        | <b>2</b>                                 |

Figura 2: Exemplos de cartões do simulador.

Para o cálculo do número de cartões utilizaram-se as fórmulas apresentadas por Sipper & Bulfin (1997). Para obter-se uma quantidade razoável e suficiente de cartões, para efeito dos cálculos, atribuiu-se como demanda diária 2.000 unidades de régua T grande e 4.000 unidades de régua T pequena e como fator de segurança ( $\alpha$ ) 10%. O número de peças por contenedor é 2, e os tempos foram tomados no próprio laboratório, por meio de uma produção piloto.

#### 3.4.2 O quadro de *kanbans* de produção e o posto de *kanbans* de requisição

O simulador possui três quadros de *kanban* de ordem de produção e três postos de *kanban* de requisição.

Os quadros possuem cinco colunas e quatro linhas ou faixas horizontais. A primeira coluna representa a quantidade de cartões que deverão ser colocados em cada faixa horizontal (verde, amarela e vermelha). As três colunas seguintes representam cada uma um item distinto a ser produzido. O uso das cores nos quadros segue o padrão original do sistema *kanban*: faixa inferior verde, faixa intermediária amarela e faixa superior vermelha.

O posto de *kanbans* de requisição (PKR) foi desenvolvido sem seguir uma forma pré-estabelecida, apenas pensando-se na facilidade de manuseio. A figura 3 ilustra o quadro de *kanbans* de ordem de produção.

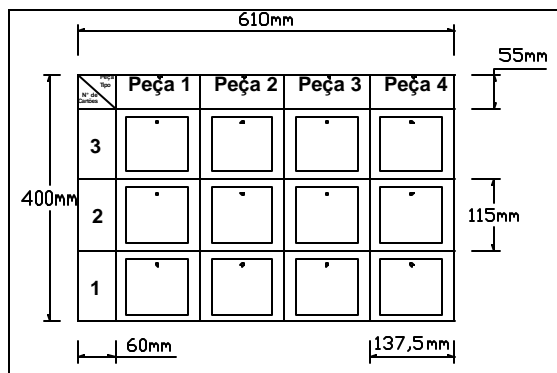


Figura 3: Ilustração do quadro de *kanbans* de ordem de produção desenvolvido para o Simulador

### 3.4.3 As áreas de estocagem

As áreas de estocagem do simulador são auxiliadas por prateleiras verticais de ferro onde os contenedores são encaixados.

As serras possuem apenas área de estocagem de saída (ES), pois seu estoque de entrada é a matéria prima das régua, ou seja, pisos laminados. A furadeira e a lixadeira possuem estoques de entrada (EE) e saída (ES). A montagem final possui apenas estoque de entrada (EE), pois a montagem é programada (programa de montagem especificado pela seqüência das ordens de montagem).

### 3.5 O processo

Para a fabricação das régua T, cinco estações de trabalho são necessárias.

As duas primeiras estações são as serras, onde a matéria-prima piso laminado é transformada nas ripas que compõem as hastes, grande e pequena, e os topos, grande e pequeno. Na serra circular, no simulador denominada de serra 1, são processadas as hastes, enquanto na serra de fita, no simulador denominada de serra 2, são processados os topos. As duas serras utilizam o mesmo quadro de *kanbans* e mesmo posto de *kanbans* de requisição.

A estação de trabalho subsequente às serras é a furadeira. Na furadeira, tanto as hastes como os topos recebem os furos necessários para a fabricação das régua. Após serem furadas, as ripas seguem para a lixadeira, a próxima estação, para receber o acabamento.

A última etapa da fabricação ocorre na quinta estação de trabalho, a montagem final. Na montagem final, o topo é fixado na extremidade da haste por meio de dois parafusos e duas arruelas.

### 3.6 Funcionamento

Para o melhor entendimento do funcionamento do simulador analógico do sistema *kanban* para fins educacionais, esta seção será dividida de acordo com as principais tarefas realizadas em cada estação de trabalho, na seqüência de fabricação das régua T no modo puxado, ou seja, começando da montagem final e seguindo as operações até a busca da matéria prima no início do processo. No simulador, para auxiliar as atividades dos operadores e descrever as tarefas que devem ser realizadas foram criadas folhas de roteiro ou diagramas de processo de operações, para fornecer uma descrição dessas operações e as ferramentas e equipamentos necessários. Informações a respeito de como elaborar tais folhas de roteiro podem ser obtidas em Slack *et al*, 2002. Um exemplo de folha de roteiro é apresentado a seguir, para a estação de trabalho serra 1.

| Folha de Roteiro - Serra 1          |   |                               |
|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| Nome do Item Haste Grande / Pequena |   |                               |
| Operação                            | Descrição da Operação   | Equipamento                   |
| 1                                   | Verificar no Quadro de Kanbans de Produção (QKP) o que deverá ser produzido (Aguardar o KP ser colocado pelo operador da Furadeira)     | ---                           |
| 2                                   | Retirar do QKP o Cartão de ordem de produção (KP) do item que será processado   | ---                           |
| 3                                   | Ir ao Estoque de Matéria Prima (MP) das Serras e retirar as placas de Piso Laminado necessárias para fabricar o item especificado no KP | ---                           |
| 4                                   | Voltar para a Estação de trabalho Serra 1   | ---                           |
| 5                                   | Fazer o <i>setup</i> da largura das Hastes  | Régua de Ajuste               |
| 6                                   | Serrar a largura das Hastes   | Serra Circular                |
| 7                                   | Desligar a Serra Circular   | ---                           |
| 8                                   | Riscar os comprimentos dos cortes nas Hastes  | Gabarito e Lápis              |
| 9                                   | Ajustar o Transferidor para 90°   | Transferidor                  |
| 10                                  | Serrar os comprimentos das Hastes   | Serra Circular e Transferidor |
| 11                                  | Colocar as Hastes prontas nos contenedores vazios do ES das Serras, juntamente com o KP   | ---                           |
| 12                                  | Repetir as operações de 1 a 11  | ---                           |

### 3.6.1 A montagem final

No simulador, a montagem final (MF) representa o início do processo do sistema *Just in Time* puxado pelo *kanban*. Tudo tem início com a liberação da ordem de montagem.

As tarefas do operador, resumidamente, são:

- Verificar o que deve ser produzido na ordem de montagem;
- Manusear os materiais e a transferência de cartões entre os estoques de entrada da montagem final e o estoque de saída da lixadeira, e entre os contenedores e o quadro de kanbans de ordem de produção e o posto de kanbans de requisição;
- Montar as régua.

### 3.6.2 A lixadeira

As tarefas do operador, resumidamente, são:

- Verificar o que deve ser produzido no quadro de kanbans de ordem de produção;
- Manusear os materiais e a transferência de cartões entre os estoques de entrada e saída da lixadeira e o estoque de saída da furadeira, e entre os contenedores e o quadro de kanbans de ordem de produção e o posto de kanbans de requisição;
- Lixar as hastes e os topos.

### 3.6.3 A furadeira

As tarefas do operador, resumidamente, são:

- Verificar o que deve ser produzido no quadro de kanbans de ordem de produção;



- Manusear os materiais e a transferência de cartões entre os estoques de entrada e saída da furadeira e o estoque de saída das serras, e entre os contenedores e o quadro de kanbans de ordem de produção e o posto de kanbans de requisição;
- Furar as hastes e os topos.

### 3.6.4 As serras

#### 3.6.4.1 A serra circular - serra 1

As tarefas do operador, resumidamente, são:

- Verificar o que deve ser produzido no quadro de kanbans de ordem de produção;
- Manusear os materiais e a transferência de cartões entre os estoques de entrada (matéria-prima) e saída das serras, e entre os contenedores e o quadro de kanbans de ordem de produção;
- Serrar as hastes.

#### 3.6.4.2 A serra de fita - serra 2

As tarefas do operador, resumidamente, são:

- Verificar o que deve ser produzido no quadro de kanbans de ordem de produção;
- Manusear os materiais e a transferência de cartões entre os estoques de entrada (matéria-prima) e saída das serras, e entre os contenedores e o quadro de kanbans de ordem de produção;
- Serrar os topos.

### 3.6.5 O fluxo de cartões e materiais

Para explanar o fluxo de cartões e materiais do simulador analógico, seja a estação de trabalho anterior a furadeira e a posterior a lixadeira (figura 4).

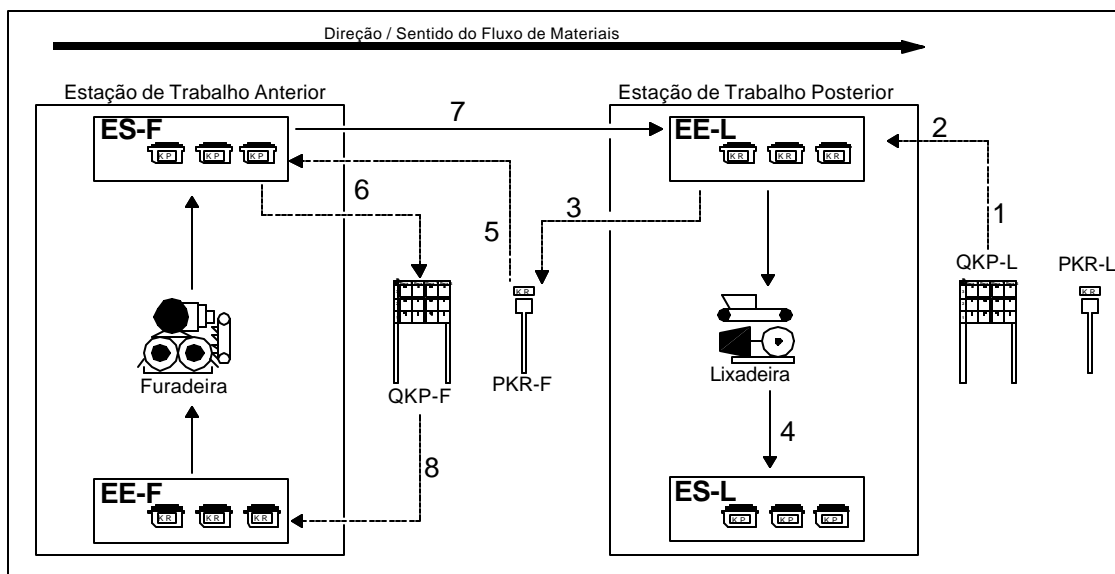


Figura 4: Ilustração do fluxo de cartões e materiais entre a furadeira e a lixadeira no simulador

- 1- Quando o operador da lixadeira ficar desocupado, ele vai ao quadro de *kanbans* de ordem de produção da lixadeira (QKP-L) e retira o cartão referente ao item mais crítico a ser produzido (com mais cartões na faixa vermelha, ou, se não houver cartões nesta faixa, mais cartões na faixa amarela; se não houver cartões na faixa amarela, mais cartões na faixa verde);
- 2- Com o cartão de ordem de produção em mãos, o operador da lixadeira vai até o estoque de entrada (EE-L) da sua estação de trabalho para retirar as peças que necessita lixar (peças especificadas no cartão de ordem de produção);
- 3- No momento em que o operador retira o contenedor com as peças do EE-L, ele recolhe o cartão de requisição que está afixado no contenedor e leva ao posto de *kanbans* de requisição (PKR-F) da furadeira (esse procedimento informa o que foi retirado do seu estoque de entrada e que depois deverá ser repostado). Depois ele retorna para a máquina para realizar suas atividades;
- 4- Quando o operador termina sua tarefa, ele leva o contenedor com as peças lixadas e com o cartão de ordem de produção afixado para o estoque de saída (ES-L) da sua estação de trabalho;
- 5- No momento de realizar o reabastecimento do seu estoque de entrada (repor as peças que foram usadas), o operador da lixadeira vai ao posto de *kanbans* de requisição da furadeira (PKR-F) e retira o cartão de requisição que estiver em primeiro na fila de cartões;
- 6- Com o cartão de requisição em mãos, o operador da lixadeira vai ao estoque de saída da furadeira (ES-F), levando consigo um contenedor vazio que estava em seu estoque de entrada, e retira as peças especificadas no cartão; Neste momento, ele retira também o cartão de ordem de produção que estava afixado no contenedor (com as peças recolhidas) do ES-F e coloca o cartão no quadro de *kanbans* de ordem de produção (QKP-F) da furadeira (esse procedimento informa o que foi retirado do estoque de saída e que deverá ser repostado);
- 7- Em posse das peças, o operador leva-as ao estoque de entrada da sua estação de trabalho (EE-L), com o cartão de requisição afixado no contenedor; A partir deste momento, o operador é dito “desocupado” para ir novamente ao seu quadro de *kanbans* de ordem de produção verificar o que deve ser produzido;
- 8- Após isso, o ciclo se repete quando o operador da estação de trabalho anterior, furadeira, por sua vez fica desocupado e vai ao quadro de *kanbans* de ordem de produção da furadeira (QKP-F) retirar o cartão referente ao item mais crítico. As atividades são semelhantes às anteriores (1-7), agora entre a furadeira e a estação de trabalho anterior a ela (serra).

De modo totalmente similar, ocorre o fluxo de cartões e materiais entre quaisquer outros dois centros de trabalho consecutivos. Esse fluxo, que possui um conteúdo de difícil assimilação por ser constituído de diversas movimentações, é o ponto chave para o entendimento do funcionamento do sistema *kanban*, e é onde o simulador é incomparável na comunicação.

#### **4. Conclusões**

Este trabalho, apesar da ênfase no sistema *kanban* que é objeto do planejamento e controle da produção (PCP), apresentou o desdobramento de atividades teóricas e práticas que abrangeram uma numerosa quantidade de conhecimentos. Notou-se que o caráter do PCP é altamente integrador. Durante a realização do projeto verificou-se a necessidade de se integralizar conhecimentos de outras áreas como projeto do produto, projeto de processos, arranjo físico, tempos e métodos, organização do trabalho, custos e qualidade.

A exigência do conhecimento de todos esses assuntos para se desenvolver um processo produtivo mostrou-se evidente na medida em que foram sendo incorporados ao simulador os

seus elementos constituintes como produto, processo, operadores, equipamentos, tempos de processo e preparação, qualidade do produto, custo de obtenção das matérias primas, etc.

A revisão bibliográfica sobre *kanban* foi de extrema valia para o desenvolvimento deste trabalho, porém notou-se algumas insuficiências. O primeiro ponto pouco explorado pelos principais livros sobre o sistema *kanban* é o papel da padronização dos processos na implantação do sistema. Observou-se ser fundamental a padronização, representada neste trabalho pelas folhas de roteiro, que especificam as tarefas realizadas em cada estação de trabalho. Se assim não for, os tempos de processamento variarão demasiadamente, impedindo o correto funcionamento do *kanban* e por conseqüência do *Just in Time*. Outra deficiência na literatura sobre *kanban* e *Just in Time* diz respeito ao não detalhamento do uso das fórmulas para se calcular o número de cartões e quanto à distribuição destes nos quadros.

Segundo Libâneo (1994) no trabalho docente, o professor deve selecionar e organizar vários métodos de ensino e vários procedimentos didáticos em função das características da matéria, ou seja, os métodos e procedimentos de ensino fazem parte do papel de direção por parte do professor tendo em vista a aprendizagem dos alunos. Por se tratar de uma disciplina de caráter bastante prático, pode-se considerar que a abordagem do PCP, em especial do *kanban*, apenas por meio de aulas expositivas ou trabalho independente dos alunos, é insuficiente para canalizar o interesse dos alunos e a real aprendizagem. Nesse caso, as atividades especiais de simulação, participação e exploração do processo produtivo podem ser consideradas de grande valia para o enriquecimento do conhecimento dos alunos e para despertar o interesse deles pelo aprendizado.

O simulador analógico foi projetado para ser utilizado com o sistema *kanban* de cartão duplo. Entretanto, nada impede que seja utilizado para simular o uso do sistema *kanban* com cartão único, bastando para isso adaptar as áreas de estocagem e os cartões. Outras formas de simulação, e que também podem ser usadas são a simulação digital, os vídeos, animações e imagens em movimento. Esses recursos tecnológicos podem ser utilizados tanto em aulas presenciais como à distância.

A utilização do simulador analógico descrito neste artigo tem se mostrado uma facilitadora da aprendizagem lúdica, dinâmica e participativa. Ela permite, de forma efetiva, uma visualização de diversos conceitos relacionados com o controle da produção.

## Referências

- BERKLEY, B. J. (1992) - A Review of the *Kanban* Production Control Research Literature. *Production and Operations Management*, Vol. 1, n. 4, p. 393-411.
- BUFFA, E. S.; SARIN, R. K. (1987) – *Modern Production/Operations Management*. John Wiley & Sons.
- CONTADOR, J. C. [Coordenador] (1997) – *Gestão de Operações*. Editora Edgar Blücher Ltda, São Paulo.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. (2001) - *Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRPII/ERP: Conceitos, Uso e Implantação*. São Paulo, Atlas.
- ESPARRAGO JR, R. A. (1988) - *Kanban*. *Production and Inventory Management Journal*, 1º Quarter, p. 6-10.
- FERNANDES, F. C. F. (2005) – *Controle da Produção: Decisões para Regular o fluxo de Materiais*. Apostila do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).
- FREITAS, A. G.; MAXIMIANO, A. C. A. (1999) – *Alternativas Metodológicas para o Ensino-Aprendizagem no Ensino da Administração*. Síntese do projeto de Pós doutorado desenvolvido junto ao Faculdade de Economia e Administração da USP, no Departamento de Administração, sob a supervisão do Prof. Dr. Antonio Cesar Amaru Maximiano.
- GHINATO, P. (1995) – Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-Time. *Revista Produção*, Vol. 5, n. 2, p. 169-189.

KOLB, D. A. et al. (1978) - *Psicologia organizacional*. São Paulo: Atlas.

LIBÂNEO, J. C. (1994) *Didática*. São Paulo, Editora Cortez.

LUSS, H. (1989) - Synchronized manufacturing at final assembly and feeder shops. *International Journal of Production Research*, Vol. 27, p. 1413-1426.

MONDEN, Y. (1984) - *Sistema Toyota de produção*. São Paulo, IMAM.

OHNO, T. (1997) - *O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala*. Porto Alegre, Bookman.

SCHONBERGER, R. J. (1983) - Applications of Single-Card and Dual-Card Kanban. *Interfaces*, (13), 56-67.

SIPPER, D.; BULFIN, R. L. Jr. (1997) - *Production: Planning, Control, and Integration*. McGraw-Hill.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. (2002) - *Administração da Produção*. São Paulo, Atlas.