

Simulação Computacional do Sistema de Coordenação de Ordens

Kanban

Tiago dos Santos Almeida (UFG-CAC) – tiago_dosalmeida@hotmail.com¹

Laís Araújo de Moura (UFG-CAC) - laisaraujo.moura@gmail.com²

Aunério da Silva Garrote Neto (UFG-CAC) – aunerio.garrote@yahoo.com.br³

Stella Jacyszyn Bachega (UFG-CAC) – stella@dep.ufscar.br⁴

Palavras-chave: Sistemas de coordenação de ordens; *Kanban*; Simulação.

1. Introdução

Ao longo do tempo, com as constantes mudanças que ocorreram no cenário industrial, principalmente após a revolução industrial, novos métodos e sistemas surgiram, a fim de que se obtivesse o máximo de lucro ao final de um processo produtivo. Para que este lucro seja alcançado, é necessário que, durante o processo produtivo, haja certo controle das atividades que estão ocorrendo ou que vão ocorrer na fabricação de um produto.

Dentro deste contexto, o controle é uma das quatro funções administrativas (Controle, Organização, Planejamento e Direção), e permite a empresa verificar se o que foi planejado e organizado foi/está sendo, de fato, realizado (CHIAVENATO, 2006). Steiner (1979) afirma que o controle envolve responsabilidades além do processo de avaliação de desempenho. Consiste, também, na tomada de ações corretivas à medida que são encontradas divergências em relação ao planejado.

Para facilitar o controle da produção, existem os Sistemas de Coordenação de Ordens (SCO) ou também denominados de *Ordering Systems*, Sistemas de Controle da Produção, Sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e até de Métodos de PCP. Segundo Fernandes e Godinho Filho (2007), um SCO:

“[...] programa ou organiza/explode as necessidades em termos de componentes e materiais e/ou controla a emissão/liberação das ordens de produção e compra e/ou Programa/Sequencia as tarefas nas máquinas. Portanto um SCO coordena as ordens de produção e de compras no chão de fábrica” (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2007, p. 338).

Revisado pelo orientador

¹Orientando PIVIC – Graduando em Engenharia de Produção

² Graduanda em Psicologia

³ Graduando em Engenharia de Produção

⁴ Professora Orientadora – Departamento de Engenharia de Produção

Dentre os vários sistemas de coordenação de ordens, estão os sistemas *Kanban*, OPT (*Optimized Production Technology*), HPP (*Híbrido Push/Pull*), CONWIP (*Constant Work in Process*), MRP (*Material Requirements Planning*), PBC (*Period Batch Control*), entre outros. No entanto, o objetivo deste trabalho é descrever o sistema de coordenação de ordens *kanban*.

O presente trabalho é estruturado da seguinte forma: na próxima seção estão os objetivos gerais e específicos do trabalho; na seção 3 são detalhados quais foram os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração deste artigo; a seção 4 estão alguns referências bibliográficas estudadas para a realização do mesmo; a seção 5 é a representação da modelagem e simulação do sistema *kanban*; a seção 6 engloba as análises realizadas através do modelo e por fim a seção 7 abrange as conclusões obtidas com a realização dos estudos.

2. Objetivos

2.1 Geral

O objetivo geral desse trabalho é simular o sistema de coordenação de ordens *kanban* aplicado a um ambiente produtivo *flow shop*.

2.2 Específicos

- Estudar o sistema *kanban*;
- Identificar as variáveis e parâmetros relativos ao sistema em estudo para a realização da simulação;
- Simular o *kanban* no software de simulação computacional Arena® considerando um ambiente produtivo *flow shop*.

3. Metodologia

A explicação científica utilizada nesse trabalho foi o dedutivismo, mas em sua forma hipotético-dedutiva (CARVALHO, 2000). Além disso, foi usada a abordagem quantitativa (BRYMAN, 1989).

Conforme Berto e Nakano (1998; 2000), os procedimentos de pesquisa mais aplicados em Engenharia de Produção são: teórico-conceitual, experimental, *survey* (pesquisa de avaliação), pesquisa-ação e estudo de caso. Os procedimentos de pesquisa empregados nesse trabalho foram teórico-conceitual e experimental.

Utilizou-se a pesquisa teórico-conceitual como um dos procedimentos de pesquisa. De acordo com Berto e Nakano (1998; 2000), esse tipo de pesquisa é fruto de uma série de reflexões fundamentadas em um fato observado ou exposto pela literatura, reunião de opiniões e ideias de diversos autores ou mesmo pela simulação e modelagem teórica. Os autores, visando a classificação dos trabalhos científicos, propuseram que as observações de campo não estruturadas, as que segundo os mesmos são realizadas sem instrumentos formais de coleta de dados, também sejam classificadas como teórico conceituais. Conforme esses autores, as discussões conceituais baseadas na literatura e revisões bibliográficas são pesquisas que se encaixam neste grupo.

De acordo com Bryman (1989), a pesquisa experimental é mais indicada para abordagens quantitativas. Este procedimento é geralmente relacionado com experimentos controlados em laboratório e também modelagens matemáticas e simulações computacionais.

Nesse trabalho também foi usada a simulação do tipo matemática, realizada de forma numérica e estocástica (LAW; KELTON, 1994). A simulação computacional do Sistema *Kanban* foi realizado através do software de simulação ARENA[®] versão 12.00 (*Student*). O presente trabalho foi dividido em 12 etapas para a sua elaboração, sendo representado por:

Etapa 1) Construção do programa computacional e verificação;

Etapa 2) Realização de execuções piloto;

Etapa 3) Validação do modelo programado;

Etapa 4) Projeto dos experimentos;

Etapa 5) Realização das execuções de simulação;

Etapa 6) Análise de resultados;

Também se utilizou a planilha eletrônica *Microsoft Excel*[®] para auxiliar na análise dos resultados obtidos nos testes de cenários simulados.

4. Referencial teórico

O Sistema de Coordenação de Ordens, *kanban*, surgiu com o Sistema Toyota de Produção, onde o seu idealizador, Taiichi Ohno, ao observar o funcionamento dos supermercados americanos visualizou que a mercadoria somente era retirada quando o cliente solicitava e essa mesma mercadoria somente era repostada quando fosse consumida. Com isso, o Sistema Toyota de Produção é um sistema que visa assegurar que seja produzida somente a quantidade necessária, evitando desperdícios (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2007).

Segundo Lage Junior e Godinho Filho (2008), o *kanban* tem como tradução anotação visível ou sinal, porém é mundialmente conhecido também como “cartão” devido ao fato de que o sistema trabalha com cartões que informam a necessidade de entregar e/ou produzir determinada quantidade de peças, itens ou matérias-primas.

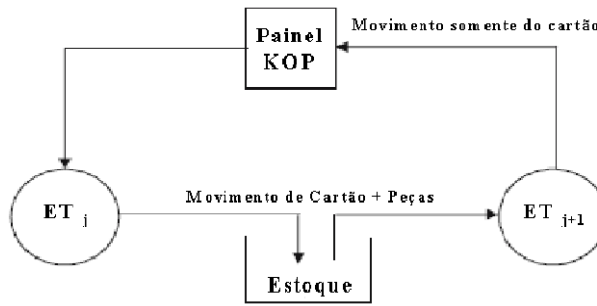
Existem três tipos básicos de *kanban*: *kanban* de Fornecedor, *kanban* de Transporte/Movimentação/Requisição e *kanban* de Produção (FORNO; TUBINO; VALLE, 2007). Conforme esses autores, o *kanban* de fornecedor é utilizado para avisar ao fornecedor que há a necessidade de se enviar materiais ou componentes para determinada área do processo produtivo. O *kanban* de transporte/movimentação/requisição é o responsável por interligar os diversos setores produtivos dentro do chão de fábrica. Entretanto, no *kanban* de produção, a principal característica é que este é usado para dar início à produção.

O SCO *kanban* pode funcionar basicamente de duas formas: *kanban* de cartão único e *kanban* de duplo cartão. Cabe salientar que na literatura sobre tal assunto, encontra-se uma gama de variações/adaptações para esse sistema.

O ***kanban* de cartão único** é chamado *Kanban* de Ordem de Produção (KOP), conforme Sarathapreeyadarishini (1997). Kumar e Panneerselvam (2007) advogam que o KOP é uma ordem de produção, na qual instrui a estação de trabalho precedente a produzir o número requerido de unidades.

O funcionamento deste tipo de sistema pode ser estruturado no conjunto de passos a seguir e visualizado na Figura 1:

- **Passo 1:** o contenedor vazio da estação de trabalho subsequente ‘ $j + 1$ ’ é movido para a área de armazenagem (que, neste caso, funciona tanto como estoque de entrada da estação de trabalho ‘ $j + 1$ ’ quanto de estoque de saída da estação de trabalho ‘ j ’) com o *kanban* de ordem de produção (KOP).
- **Passo 2:** a) conseqüentemente, ele puxa as peças do estoque de saída da estação de trabalho ‘ j ’, liberando o KOP no Posto-KOP (Painel) da estação de trabalho ‘ j ’; b) a estação de trabalho ‘ j ’ inicia sua produção de acordo com a ordem de produção contida no seu posto KOP.
- **Passo 3:** o contenedor com as peças e o KOP move-se novamente para sua estação de trabalho subsequente ‘ $j + 1$ ’.



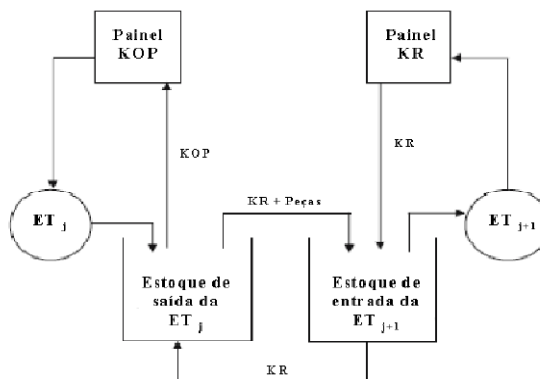
Fonte: Adaptado de Kumar e Panneerselvam (2007)

Figura 1 – Funcionamento do sistema de cartão único

No **kanban de duplo cartão** há a presença do *Kanban* de retirada (KR) além do KOP. O *Kanban* de retirada (KR), também denominado de *kanban* de transporte, requisição, movimentação e transferência (FERNANDES; GODINHO FILHO, 2007), dá a mensagem para o processo subsequente sobre o número de unidades que este deve retirar (KUMAR; PANNEERSELVAM, 2007).

Os passos adotados por esta variação do sistema *kanban* são os seguintes e podem ser observados na Figura 2:

- **Passo 1:** o contenedor da estação de trabalho subsequente 'j + 1' é movida para a estação de trabalho 'j' com o KR e coloca este no seu estoque de saída.
- **Passo 2:** a) consequentemente, ele puxa as peças do estoque de saída da estação de trabalho 'j' e libera o KOP anexado as peças e então coloca o KOP no Posto KOP (painel) da estação de trabalho 'j'; b) a estação de trabalho 'j' inicia sua produção de acordo com a ordem de produção contida no seu Posto KOP.
- **Passo 3:** o contenedor com as peças e com o KR move-se novamente para sua estação de trabalho subsequente 'j+1'. Então ele entrega as peças para o estoque de entrada da estação de trabalho 'j+1' e coloca o KR no Posto KR da estação de trabalho 'j+1'.



Fonte: Adaptado de Kumar e Panneerselvam (2007)

Figura 2 – Funcionamento do sistema de cartão duplo

4.1 Particularidades do Kanban

De acordo com Marçola, Tonetto e Andrade (2009), o sistema *kanban* possui mais de uma função nas empresas, enquadrando-se dentro de diversos objetivos empresariais. Além disso, a implantação de um sistema *kanban* é um trabalho que demanda muito tempo para ser considerado implementado, pois exige uma verdadeira mudança de cultura e quebra de velhos e poderosos paradigmas na empresa.

De modo geral, o cartão do *kanban* tem quatro funções no chão de fábrica: identificar o item, acionar a fabricação, autorizar a movimentação e controlar o nível de estoque. O número de cartões *kanban* limita os lotes a serem produzidos e não permite que dois ou mais lotes de um mesmo produto sejam produzidos simultaneamente (MARÇOLA; TONETTO; ANDRADE, 2009).

Segundo Peinado *apud* Adlmaier e Silva (2007), se o *kanban* for considerado como “apenas uma forma de controle de estoques”, seu projeto de implantação terá grande chance de ser tratado de maneira isolada, deixando de considerar a existência ou até a necessidade de outros projetos atuando em paralelo e em conjunto.

Conforme Aguiar e Peinado *apud* Marçola, Tonetto e Andrade (2009), o número de cartões *kanban* está diretamente relacionado com a velocidade de consumo na linha de montagem e com o tempo de reposição necessário para suprimento dos lotes.

O uso do sistema *kanban* possui uma série de restrições bastante tratadas na literatura. Seu uso não é propício, por exemplo, em casos de produção desnivelada, operações despadronizadas, demanda instável, grande variedade de itens, entre outras. Essas condições aparecem cada vez mais nas empresas devido à competitividade e as transformações do ambiente corporativo (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2008).

Ademais, Godinho Filho e Cestario (2008) advogam que esse SCO pode ser utilizado em ambientes de produção celular, *job shop* e *flow shop*, cada um respeitando o nível desejado de repetitividade e de volume de produção unitária.

5. Modelagem e simulação

5.1 Construção do programa computacional e verificação (Etapa 1)

A construção do sistema *kanban* através da utilização do software de simulação foi fruto de uma série de reflexões teóricas, que foram dimensionadas de maneira a possibilitar uma modelagem correta do sistema, bem como verificar a sua lógica de funcionamento. A modelagem e simulação do Sistema *Kanban* foram limitadas somente ao *kanban de cartão único*, o chamado cartão de ordem de produção (KOP).

Um modelo conceitual foi desenvolvido de forma a propiciar uma representação inicial do *Kanban* de Cartão Único, sendo tomado como base para o modelo computacional desenvolvido para este trabalho (vide Figura 3).

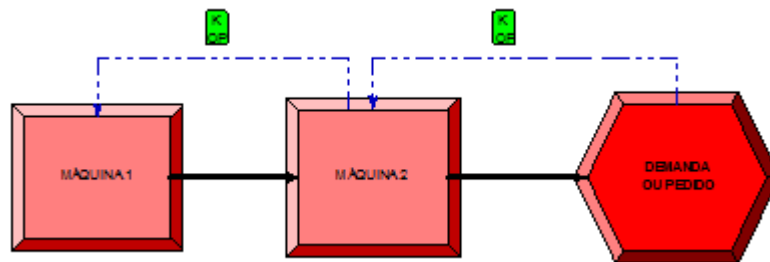


Figura 3 - Modelo Conceitual

Observa-se a geração de uma demanda (pedido). A partir deste pedido se inicia a produção por meio de informações que são passadas pelo cartão *kanban*. A partir do pedido firmado, um cartão *kanban* de ordem de produção que foi enviado para o último processo, no caso o processo da máquina 2, e este envia o produto para o pedido. A máquina 2 envia um cartão *kanban* de ordem de produção para a máquina 1, que envia um produto/matéria prima para a máquina 2.

5.2 Realização de execuções piloto (Etapa 2)

As execuções pilotos que foram executadas por meio do software de simulação possuem o intuito de iniciar a etapa de validação do objeto de estudo. Para a simulação dos modelos iniciais, foram adotados alguns parâmetros, ou seja, as distribuições probabilísticas nos módulos de entrada de entidades no sistema, bem como as lógicas de operações de cada recurso, entre outros.

Foram realizados vinte e quatro modelos, o que tornou possível representar corretamente a lógica pretendida e alcançar o objetivo da fase de simulação do Sistema *Kanban* de cartão único. A lógica apresentada para o modelo é de produção puxada, ou seja, os pedidos dos clientes irão determinar as quantidades a serem produzidas.

As principais características dos modelos desenvolvidos foram determinadas pelas peculiaridades do Sistema *Kanban*. Dentre as características modeladas, estão: Sistema Puxado, Envio de Informação e de Cartão KOP.

O envio de informação dos pedidos foi adaptado de maneira a acoplar a lógica de entrada de Cartões KOP no sistema, por meio do qual foram agrupadas pelo módulo *Match*,

que possui a função de sincronizar uma quantidade especificada de entidades por meio de uma espera em diferentes filas.

Os contenedores e os cartões de ordem de produção também foram sincronizados segundo a lógica do cartão único, por meio do qual foi utilizado o módulo *Match*, sendo justificado que os containers seguem no processo juntos com os seus respectivos cartões KOP.

O modelo do Sistema *Kanban* de cartão único simulado no Software Arena®, de duas máquinas, está demonstrado por meio das Figuras 4, 5 e 6.

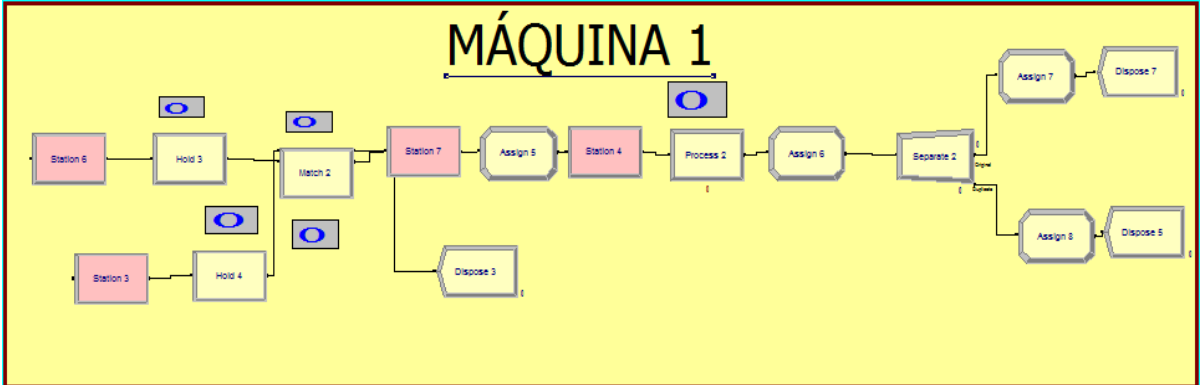


Figura 4 - Representação da lógica da Máquina 1

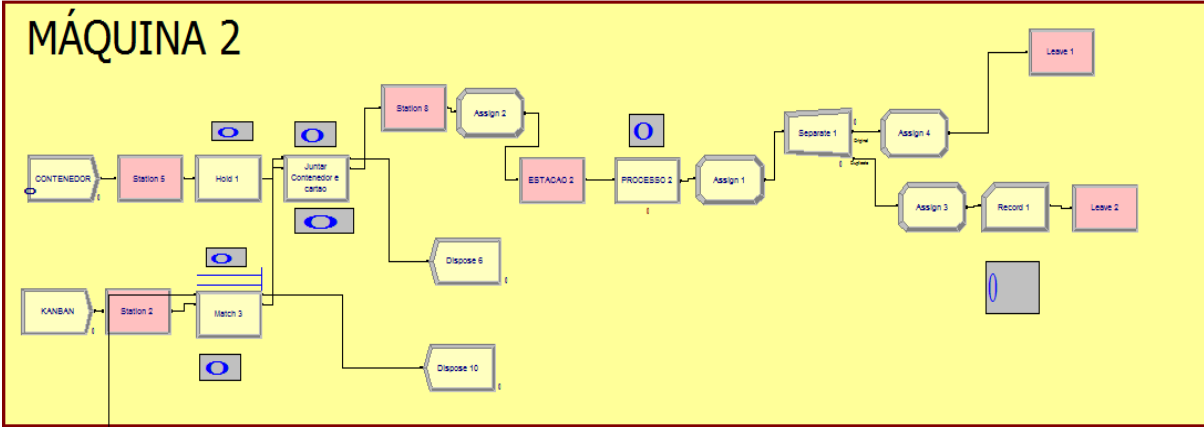


Figura 5 - Representação da lógica Máquina 2



Figura 6 - Representação do Fluxo de Informação

5.3 Validação do modelo programado (Etapa 3)

O processo de validação do sistema *kanban* é a fase final de análise da lógica de funcionamento do mesmo. Para isso, a parametrização das quantidades de cartões a serem utilizados no modelo foi dada por meio da equação utilizada pela Toyota. Esta é representada por Sipper e Bulfin (1998) da seguinte maneira:

$$y = \frac{\overline{DL}(1 + \alpha)}{A} \quad (01)$$

y = Número total de cartões kanban
D = Demanda média
L = *Lead time*
A = Número de itens do contenedor
 α = Fator de segurança

Para o cálculo do número de Cartões *Kanban* foram utilizados os seguintes valores: i) L(Lead Time)= 0,3333; ii) α (Fator de Segurança) = 0,5; iii) A (Itens por contenedor)= 1.

5.4 Projeto dos experimentos (Etapa 4)

O projeto de experimento consiste na etapa de determinação dos tempos de replicação, sendo os tempos limites em que o modelo irá ser executado, bem como a quantidade necessária de replicação, além da determinação da base para a produção do relatório gerado pelo software Arena[®].

Assim, para cada modelo replicado no sistema foram determinados alguns parâmetros para a simulação, tais como: i) 1 (uma) replicação; ii) 8 (oito) horas limites para a

simulação de cada modelo; iii) A unidade base de tempo do relatório foi segundos; iv) É importante salientar que para a realização da simulação foram utilizadas duas máquinas.

5.5 Realização das execuções de simulação (Etapa 5)

Na etapa de Simulação do Sistema de Coordenação de Ordens *Kanban*, foram determinados alguns testes para verificar o desempenho do mesmo. Assim, buscou-se testá-lo de modo a comprovar os principais conceitos teóricos destacados neste trabalho. Para isso, o primeiro teste do sistema foi relativo ao seu comportamento em relação às variações de demanda. A Tabela 1 expõe os dados obtidos.

Replicação	Create	Pedidos	Peças processadas	Duração (em segundos)	Desempenho	Nº <i>kanbans</i>
1	0.6	100	50	28800	100%	50
2	0.6	200	100	28800	100%	100
3	0.6	300	150	28800	96,77%	150
4	0.6	400	200	28800	97,56%	200
5	0.6	500	250	28800	96,52%	250
6	0.6	600	300	28800	98,36%	300
7	0.6	700	350	28800	98,59%	350
8	0.6	800	400	28800	97,56%	400

Tabela 1 - Teste da variação da demanda

Ademais, também foi realizado um teste relativo aos tempos de processamentos. Vale lembrar que para o Sistema de Coordenação de Ordem *Kanban* é apropriado que se tenha tempos de processamento estáveis. Assim, esse segundo teste foi realizado com intuito de verificar o comportamento do objeto em estudo quanto a tempos de processamentos instáveis. A Tabela 2 aponta os comportamentos obtidos neste cenário.

Replicação	Create	Pedidos	Processamento M1	Processamento M2	Processamento total	Desempenho
1	0.6	100	18,21	17,92	36,13	100%
2	0.6	100	18,66	18,44	37,1	100%
3	0.6	100	19,1	18,96	38,06	100%
4	0.6	100	22,73	22,42	45,15	98%
5	0.6	100	23,18	22,94	46,12	98,00%
6	0.6	100	30,28	29,71	59,99	96,00%
7	0.6	100	30,83	31,85	62,68	98,00%
8	0.6	100	31,88	32,35	64,23	96,00%

Tabela 2 - Teste de tempos de processamento instáveis

6. Análise dos resultados

Por meio dos dados dos testes realizados, foram gerados gráficos que confrontam características simuladas. Por meio da análise da Figura 7, pode-se verificar que o sistema *kanban* simulado não obteve um bom desempenho frente às variações de demanda.

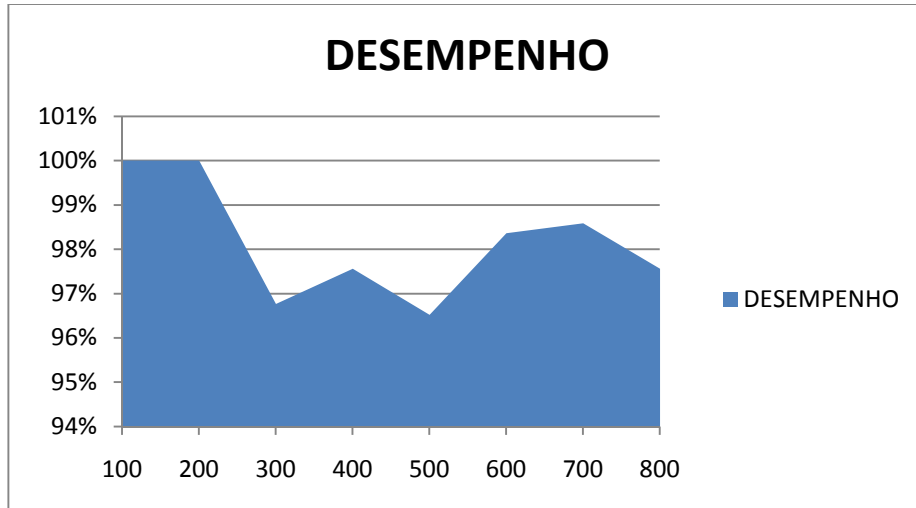


Figura 7 - Desempenho em relação à demanda

Sob a mesma perspectiva, o Sistema *Kanban* também não apresentou bom desempenho quanto às variações nos tempos de processamento, como pode ser visualizado na Figura 8.

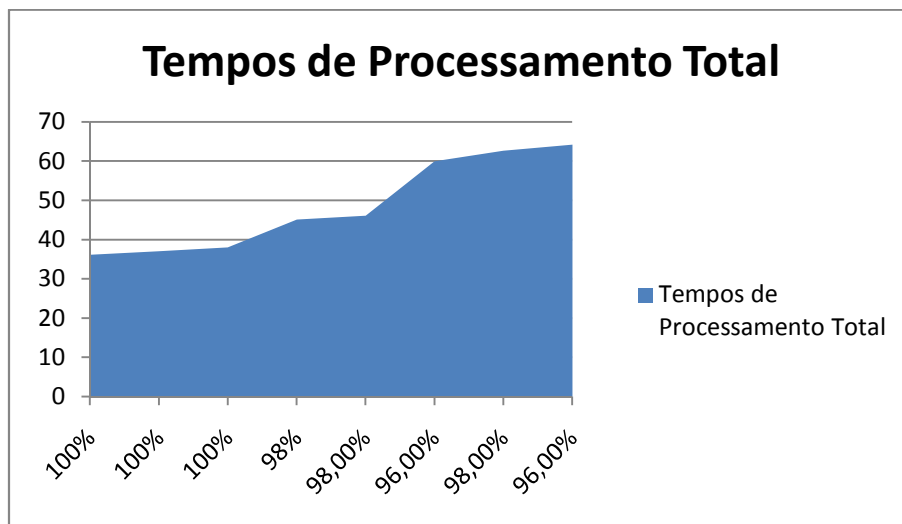


Figura 8 - Desempenho em relação a tempos de processamento instáveis

7. Considerações Finais

A implantação do SCO *kanban* exige que a empresa, que visa seu uso, realize uma mudança cultural e estrutural da organização como um todo e em especial dentro do chão de

fábrica. Entretanto, o *kanban* pode trazer benefícios, organizando e proporcionando controle do fluxo produtivo (materiais e informações) durante o processamento de determinado produto. Salienta-se que esse sistema é adequado para ambientes de produção *flow shop*, *job shop* e celular, nos quais se pressupõe que há uma produção nivelada, operações padronizadas, demandas estáveis e pouca variedade de itens.

O presente trabalho apresentou o sistema *kanban*, propiciando maior conhecimento sobre esse SCO. Portanto, o objetivo específico do presente trabalho foi atingido, no qual houve a descrição do funcionamento do *kanban*, a exposição de algumas particularidades desse sistema com uso da simulação computacional.

Por meio dos procedimentos de pesquisa utilizados durante a elaboração do trabalho, foi possível dimensionar as variáveis e parâmetros relativos ao sistema em estudo para a realização da simulação. Através de uma série de reflexões, foram determinados os parâmetros necessários para a simulação do SCO *Kanban* de cartão único.

A realização das etapas de simulação foi importante para a compreensão do sistema estudado. Foi possível tornar visível as características presentes em um ambiente fabril simulado. Pôde-se avaliar o desempenho do *kanban*, bem como as suas limitações e condições mínimas para a sua implantação.

Além disso, com a simulação tornou possível a realização de testes, um de variação da demanda e o outro de tempos de processamento instáveis, pelo qual se pôde corroborar algumas das hipóteses teóricas de que as condições para o uso do Sistema *Kanban* são tempos de processamento estáveis, com operações padronizadas, com demanda estável e baixos tempos de *Setup*.

Este trabalho contribui para a maior divulgação e compreensão do sistema de coordenação de ordens *kanban*, além de despertar a atenção para realização de pesquisas que envolvam esse tema e uso de simulação computacional.

Referências bibliográficas

ADLMAIER, D.; SILVA, E. L. Estratégias para otimização de processos e redução de inventários: uma abordagem baseada no abastecimento *kanban* e técnicas de manufatura enxuta. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII ENEGEP, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2007.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa. **Produção**, v. 9, nº 2, p. 65-75, jul. 2000.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e IV International Congress of Industrial Engineering (ICIE), 1998, Niterói, RJ. **Anais...**Niterói: UFF/ABEPRO, out. 1998. 1 CD-ROM.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman, 1989. 224 p.

CARVALHO, M. C. M. de. A construção do saber científico: algumas proposições. In: CARVALHO, M. C.M.de (org.). **Construindo o saber**. 2.ed. Campinas, SP: Papyrus. pp.63-86. 2000.

FERNANDES, F.C.F.; GODINHO FILHO, M.: Sistemas de Coordenação de Ordens: Revisão, Classificação, Funcionamento e Aplicabilidade. **Revista Gestão & Produção**, vol. 2, n. 4, pp. 337-352, 2007.

FORNO, A. J. D.; TUBINO, D. V.; VALLE, A. C. R.; Implementação de kanban de fornecedor, transporte e produção: estudo e caso em empresa de cabines de máquinas agrícolas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII ENGEPE, 2007, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu, 2007.

GODINHO FILHO, M.; CESTARIO, J. M. Escolha de Sistemas de Coordenação de Ordens: *insights* por meio de análise da literatura que compara esses sistemas usando simulação discreta ou modelos matemáticos analíticos. Artigo enviado para avaliação na **Revista Gestão & Produção**, pp.1-27, 2008.

GUIMARÃES, J. L.; BORGES, M. J. Kanban na industria de roupas: avaliação das características de uma aplicação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII ENEGEP, 1997, Gramado. **Anais...** Gramado, 1997.

KUMAR, C. S.; PANNEERSELVAM, R. Literature review of JIT-KANBAN system. **Int J Adv Manuf Technol**, v. 32, pp. 393–408, 2007.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Adaptações do sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v.15, n.1, 2008.

LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO; A utilização do sistema kanban em empresas do estado de São Paulo: estudo por meio de um Survey. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXVII ENGEPE, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007.

MARÇOLA, J. A.; TONETTO, J.A; ANDRADE, J. H. Relato da implementação de um sistema *kanban* em uma empresa fabricante de utensílios domésticos de alumínio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXIX ENEGEP, 2009, SALVADOR. **Anais...** Salvador, 2009.

SHARADAPRIYADARSHINI, R. C. Scheduling in kanban-controlled flow shop with dual blocking mechanisms and missing operations for part types. **International Journal of Production Research**, v. 35, n. 11, pp. 3133–3156, 1997.

SIPPER, D.; BULFIN Jr, R. L. Production: Planning, Control, and Integration. New York, USA:McGraw-Hill,1998.