



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DE UMA FÁBRICA DE MONTAGEM DE CANETAS A LUZ DOS CONCEITOS DA MENTALIDADE ENXUTA

Adolfo Cesar Figueiredo Costa (1); Jorge G. M. Bogado (2); Antônio Edésio Jungles(3); Luiz Fernando M. Heineck (4)

(1) Mestrando do PPGEC – UFSC – e-mail: adolfotcc@vcnet.com.br

(2) Doutorando do PPGEC – UFSC – e-mail: jorgebogado@hotmail.com

(3) Dr., Professor do PPGEC – UFSC – e-mail: ecv1aej@ecv.ufsc.br

(4) Ph.D., Professor do PPGE – UFSC – e-mail: heineck@eps.ufsc.br

RESUMO

O trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação dos conceitos da mentalidade enxuta em uma fábrica de montagem de canetas simulada, focando a redução do lote de produção e do *takt time*. Num primeiro momento as canetas foram montadas num sistema de produção empurrada e geração de estoques para suprir a demanda. Em seguida foi aplicada a mentalidade enxuta (TPS) com produção puxada e fluxo contínuo, buscando consistentemente atender aos requisitos do cliente. Imediatamente é feita uma análise comparativa dos dois sistemas de produção simulados e feita uma discussão sobre o comportamento da fábrica quando se reduz o lote de produção e o *takt time*. Como resultado da pesquisa, pode-se observar que: (a) os fluxos de informações foram mais objetivos na produção puxada; (b) com a redução do lote de produção e do *takt time* o estoque em processo foi reduzido em 96% e o *lead time* em 79%. Os resultados da pesquisa são incentivadores e mostram que a forma de simulação usada e a seqüência de análise são importantes para auxiliar no aprendizado e visualização dos conceitos da mentalidade enxuta.

Palavras-chave: Jogos, mentalidade enxuta, simulação

ABSTRACT

This work has the objective of applying concepts of lean philosophy through simulation of an assembly factory of ball pens with the aim of promoting a better knowledge of these concepts. In a first moment the ball pens were assembled with a system of pulled production and generation of stocks to satisfy the demand. Subsequently, lean philosophy (TPS) was applied with pulled production and just-in-time in the assembly of ball pens trying consistently to attend to the requirements of the customer. A comparative analysis of the two simulated production systems is performed and is presented about the behavior of the factory when production quotas and *takt time* are reduced is discussed. As a result of the research it can be observed that: (a) The flows of information were more objective; (b) With the reduction of production quotas and *takt time* the stock under process was reduced at 96% while *lead time* was reduced at 79%. The results of this research are encouraging and show that the type of simulation used and the sequence adopted in the analysis are important in helping to learn and visualize the concepts of lean philosophy.

Keywords: Games, Lean thinking, simulation

1. INTRODUÇÃO

A produtividade pode ser definida como, a medição da eficiência com que os recursos são administrados para completar um produto específico, dentro de um prazo estabelecido e com um padrão de qualidade especificado (SERPELL,1993).

A construção se caracteriza por um alto conteúdo de atividades que não agregam valor em seus processos e que levam a uma baixa produtividade. Portanto, o desenvolvimento de metodologias de análise e melhoramentos de processos e a introdução de novas filosofias de produção que contemplem um melhoramento contínuo pode ter um importante impacto na gestão, na produtividade, na qualidade e nas tecnologias atualmente em uso na construção (ALARCON, 1997).

Sem a compreensão dos efeitos das atividades de fluxo na produção, torna-se difícil tomar decisões que venham a minimizar ou eliminar causas de desvios nos planos.

Atividades que não agregam valor têm dominado a maioria dos processos produtivos, sendo que apenas 3 a 20% dos estágios envolvidos nos processos agregam valor (KOSKELA, 1992).

O uso de jogos didáticos em sala de aula tem sido um recurso utilizado para incentivar a participação ativa do aluno, melhorando a eficiência do aprendizado. Segundo Tubino e Schafranski (2000), a simulação através de jogos permite que idéias e conceitos passíveis de serem aplicados na prática sejam testados de uma maneira mais simples, possibilitando a avaliação dos impactos desses e a escolha das estratégias mais adequadas para cada situação. Assim, apesar dos jogos representarem apenas situações semelhantes as reais, essas são constituídas por uma série de vantagens, uma vez que para testar os mesmos conceitos na prática seria necessário dispensar um tempo bem maior, envolvendo grande quantidade de recursos e ainda apresentando o inconveniente de que o andamento normal das atividades estaria submetido a vários riscos.

Dentro deste contexto o artigo busca fazer uma aplicação dos conceitos da mentalidade enxuta através da simulação de uma fábrica de montagem de canetas, no intuito de propiciar um maior aprendizado destes conceitos. Através deste estudo é possível constatar a diferença do sistema de produção puxado e empurrado, além de poder ser verificado graficamente a influência do tamanho do lote e do *takt time* no estoque em processo e no lead time da fábrica simulada.

Os conceitos e termos da mentalidade enxuta utilizados nesta pesquisa estão sucintamente descritos no quadro 1 de acordo com o glossário para praticantes do pensamento lean (LIB, 2003).

2. REVISÃO DA LITERATURA

WOMACK e JONES (1998) apontam cinco princípios do pensamento enxuto – Valor; Fluxo de Valor, Fluxo, Puxar, Perfeição – a utilização destes tem como objetivo principal a eliminação das perdas, criando um fluxo contínuo de valor, que permeie todas as etapas da cadeia produtiva, visando à obtenção da perfeição no atendimento aos requisitos do cliente. A filosofia de produção enxuta promove o melhoramento contínuo dos processos produtivos através da redução de perdas e incremento do valor (qualidade, produtos terminados).

Picchi (2003) aponta caminhos de aplicação da Mentalidade Enxuta no setor da construção como um todo. Em 2004, Picchi & Granja identificam as oportunidades de aplicação dos princípios e ferramentas *lean* ao fluxo da obra. Essas pesquisas motivam Bulhões *et al.* (2005) a fazer um estudo de caso exploratório para tratar dos conceitos e ferramentas da mentalidade enxuta na criação do fluxo contínuo de trabalho na construção civil e concluir que as etapas para implementação do fluxo contínuo sugeridas na literatura e usadas em outras indústrias têm grande potencial de aplicação na construção.

Breternitz *et al.* (2005) fazem um estudo de caso de planejamento e execução focando na redução do lote de produção das alvenarias armadas de um edifício de oito pavimentos. Como resultado os autores destacam a significativa redução do efetivo e custo das equipes de mão de obra, redução dos custos com materiais e locações de equipamentos, redução do tempo de espera, aumento da qualidade final do produto, aumento da produtividade e redução do estoque de materiais. Por fim concluem que a redução do lote de produção e a análise do fluxo de valor, induziram a melhoria do processo de produção e dos custos das obras.

Quadro 1. Definição sucinta dos conceitos lean estudados no jogo (LIB, 2003)

Takt Time		Relaciona-se com o ritmo de produção necessário para atender a demanda do cliente. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para produção, dividido pela demanda do cliente. Fornece um ritmo ao sistema de produção lean. É a batida do coração de um sistema lean.
Lead Time		Tempo requerido para um produto se movimentar por todas as etapas de um processo, do início ao fim. No nível de planta, é frequentemente chamado de tempo porta a porta.
Tempo ciclo	Processo	Frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo. (cronometragem)
	Operador	Tempo que um operador leva para completar todas as tarefas de um trabalho numa estação antes de repeti-las. Conforme cronometrado por observação.
Tempo Processamento		Tempo em que um produto está realmente sendo trabalhado. Normalmente, o tempo de processamento é uma pequena fração do lead time de produção.
Tempo Estoque	Padrão	Quantidade de estoque necessário antes de cada etapa de processamento para que este flua suavemente.
	Processo	Tempo que os itens (semi-acabados) ficam entre as etapas de processamento numa planta.
Supermercado de Produtos		Local onde um estoque predeterminado é mantido para o fornecimento aos processos fluxo abaixo.
Kanban		É um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou para a retirada de itens em um sistema puxado. O termo significa "sinal" em japonês. No estudo esse sinal é dado pela caixa vazia do supermercado de produtos do processo seguinte.

As simulações através de jogos têm sido utilizadas na área de ensino de gerenciamento da construção por diversos pesquisadores. Tommelein (1999) faz uso de um jogo de dados (*parade game*) para mostrar o efeito da variabilidade no fluxo de trabalho para um conjunto de atividades dependentes executadas sequencialmente. Santos *et al.* (2002) utilizam um jogo, que consiste na colagem de peças de cartolina que simbolizam as varias etapas da obra, para o ensino da técnica de programação por linha de balanço. Saffaro *et al.* (2003) fazem um jogo de montagem de casas tipo Lego com o objetivo de avaliar o comportamento dos jogadores com relação aos princípios da *lean production*. Em 2005, Pinho *et al.* apresentam uma dinâmica de ensino através de bloquinhos de montagem Lego batizada de MIB – Montagem Interativa de Bloquinhos. O artigo mostra como é possível facilitar o aprendizado dos conceitos sobre o Sistema Toyota de Produção, contudo não mostra graficamente os resultados das simulações e nem a influência da variação do lote de produção e do takt time no desempenho da produção.

A simulação através do jogo da montagem de canetas foi aplicado pela primeira vez no Brasil por Souza e Silva *et al.* (2003). Os autores aplicaram o jogo em sistema de produção puxado e em sistema de produção empurrado para profissionais de engenharia participantes de programa de pós-graduação. No artigo é destacado que as equipes se preocuparam mais com as discussões estratégicas do que com a medição de tempo, portanto a apresentação dos resultados se limitou aos conceitos possíveis de serem discutidos e não houve a comparação entre os resultados de cada simulação. Já Silveira *et al.* (2005) utilizam o jogo para comparar o desempenho de um grupo em diferentes formas de organização do processo produtivo evidenciando algumas diferenças entre o sistema de produção puxada e empurrada. Porém, o artigo carece de dados (medição) e gráficos referentes ao sistema de produção puxada deixando uma lacuna para ser preenchida.

Neste sentido, o presente artigo segue a linha apresentada por Silveira *et al.* (2005). Corrobora com os artigos anteriores na medida em que também constata a maior eficiência do sistema puxado de produção e os complementa uma vez que faz medições de tempo e representa graficamente as diferenças entre as formas de produção. O jogo permite simular a redução do takt time e do lote de produção apresentando a evolução do estoque em processo e do lead time.

O trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da aplicação dos conceitos da mentalidade enxuta em uma fábrica de montagem de canetas simulada, focando a redução do lote de produção e do *takt time*.

Este presente artigo limita-se a apresentar os resultados gráficos da simulação, sem, no entanto, tecer maiores comentários sobre a operacionalização do jogo, uma vez que este ainda encontra-se em fase de desenvolvimento no grupo de gestão da construção da UFSC.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa foi realizar simulações do processo de montagem de canetas esferográficas. A simulação foi feita de duas formas: (PE) com a montagem em produção empurrada; e (PP) com produção puxada. Cada forma foi dividida em duas fases: (F8) fase com lote de oito canetas; e (F4) fase com lote de quatro canetas. As fases foram simuladas em quatro rodadas com: (R1) takt time de 10 segundos – T10; (R2) takt time de 7 segundos – T7; (R3) takt time de 5 segundos – T5; e (R4) takt time de 4 segundos – T4.

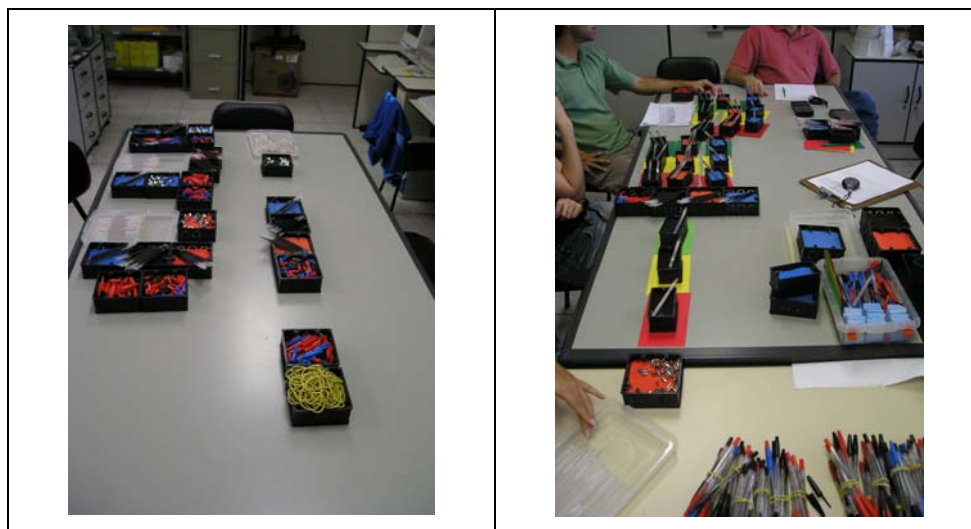


Figura 1. Produção empurrada

Figura 2. Produção puxada

A montagem foi dividida em quatro postos de trabalho: três de produção e um de expedição. O posto 1 montava o corpo da caneta junto à ponta metálica. O posto 2 colocava a carga e a rosca do fundo da caneta. O posto 3 testava a carga e tampava. O posto 4 retirava as canetas no estoque embalava e expedia de acordo com a demanda do cliente e de acordo com o takt time da rodada. Foi utilizada uma equipe de 3 supervisores na fábrica para a coleta de dados de produção. Os dados coletados foram: tempo de ciclo da operação dos postos de trabalho; lead time de cada rodada; tempo para produzir cada lote das canetas; tempo de entrega dos lotes a expedição e o tempo de estoque em processo de cada posto.

A demanda foi definida aleatoriamente e fixada para todas as rodadas, o que variou foi o lote de produção e o takt time.

Em cada rodada foram produzidas 48 canetas: 24 pretas, 17 vermelhas e 7 azuis, niveladas de acordo com a demanda definida.

3.1 Primeira simulação: produção empurrada - PE.

A montagem foi feita numa forma tradicional de produção (figura 1) onde o posto de trabalho posterior só trabalhava quando o posto anterior produzia e a demanda era informada aos operários através de um cartão colocado em cada posto de trabalho. O expedidor retirava o produto acabado do estoque.

Nesta simulação foi feito um mapeamento do fluxo de valor atual. Discutido os problemas entre os supervisores e os operários da fábrica. Isso resultou na elaboração de um mapa de fluxo de valor futuro com a implantação do sistema puxado de produção com fluxo contínuo. Para isso foram usados os 5 princípios da mentalidade enxuta descrita em WOMACK e JONES (1998) e os manuais Aprendendo a Enxergar (ROTHER & SHOOK, 2003) e Criando Fluxo Contínuo (ROTHER & HARRIS, 2002).

3.2 Segunda simulação: produção puxada – PP.

O objetivo de mapear o fluxo de valor é destacar as fontes de desperdício e eliminá-las através da implementação de um fluxo de valor em um estado futuro que pode tornar-se uma realidade em curto período de tempo (ROTHER & SHOOK, 2003).

Neste sentido, o supermercado de produtos foi implantado no intuito fazer os materiais fluírem continuamente entre os postos de montagem das canetas, a programação da produção é agora mandada para o processo expedidor que retira do supermercado de produtos do posto 3 e assim inicia o processo produtivo. A produção é nivelada pela demanda estabelecida na preparação do jogo. A prática Kaizen foi estabelecida no jogo, com a redução do tamanho dos lotes e da quantidade de produtos em processo nos supermercados de produtos, para estender o alcance do fluxo contínuo. O sistema Kanban de sinalização foi implantado junto aos supermercados (figura 2). O takt time foi variado (10, 7, 5, 4s) durante as duas formas de organização do processo com o intuito de ver o comportamento da produção com a variação do mesmo.

4. RESULTADOS

4.1 Análise comparativa dos processos de produção puxada e empurrada

Neste item é feita a comparação dos sistemas produtivos através de gráficos que mostram o comportamento da produção com as modificações implementadas durante as simulações.

O quadro 2 mostra a legenda das siglas usadas para facilitar a compreensão dos gráficos das figuras 3, 4, 5, 6 e 7.

Quadro 2. Legenda

Legenda	
PE	Processo de Produção Empurrado
PP	Processo de Produção Puxada
T10 / T7 / T5 / T4	Takt Time de 10 segundos / 7s / 5s / 4s por caneta

4.1.1 Entrega dos lotes

O gráfico da figura 3 mostra a comparação da produção das montagens das canetas nas duas formas de produção simuladas com lotes de 8 canetas. A identificação da forma de produção e do *takt time* de cada rodada é feita através da legenda dos gráficos.

Percebe-se que o tempo de entrega dos lotes no sistema de produção puxada sempre começa do zero. Isso se dá pelo fato de para operar no sistema de produção puxada a fábrica de canetas precisa de um tempo de preparação, onde são abastecidos os supermercados de produtos de cada posto de produção. Logo a produção começa a partir da retirada do primeiro lote pelo cliente (expedidor). Apesar disto, não foi observada ociosidade inicial, ao contrario da produção empurrada em que foi observada uma ociosidade dos postos 2 e 3 enquanto o posto anterior empurrava a produção para o próximo.

Menores tempos de entrega de lotes foram conseguidos utilizando a forma de produção puxada, principalmente, da segunda a quarta rodada no qual o takt time foi variado de 7 a 4 segundos por caneta.

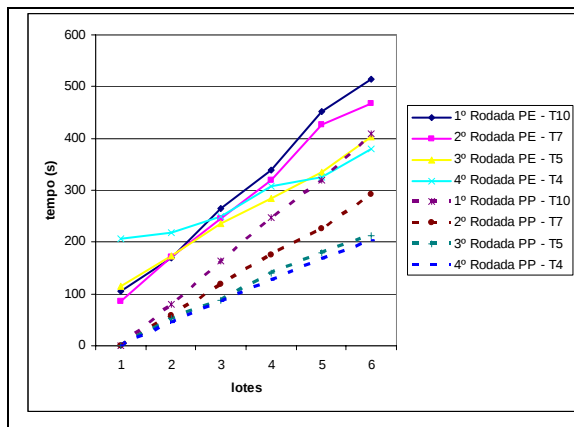


Figura 3. entrega dos lotes (8 canetas)

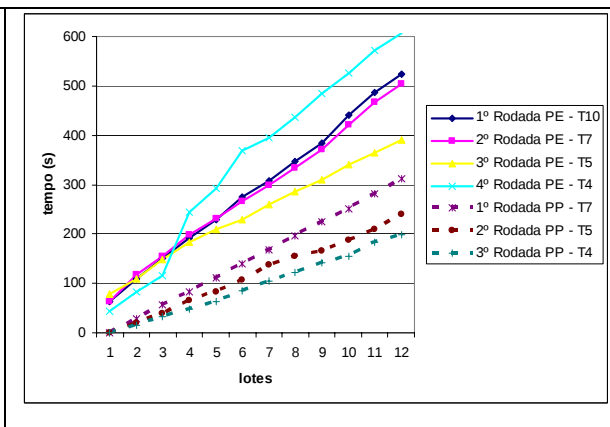


Figura 4. entrega dos lotes (4 canetas)

4.1.2 Produção dos lotes – tempo gasto para produzir cada lote de canetas

Com relação ao tempo de produção dos lotes as figuras 5 e 6 mostram que no modo empurrado a produção se comporta de maneira muito variável com vários picos e vales de produção. É possível perceber também que no sistema puxado existe uma maior estabilidade de produção. Observou-se que um melhor fluxo de informações, advindo deste sistema, foi decisivo para um ganho de estabilidade do processo.

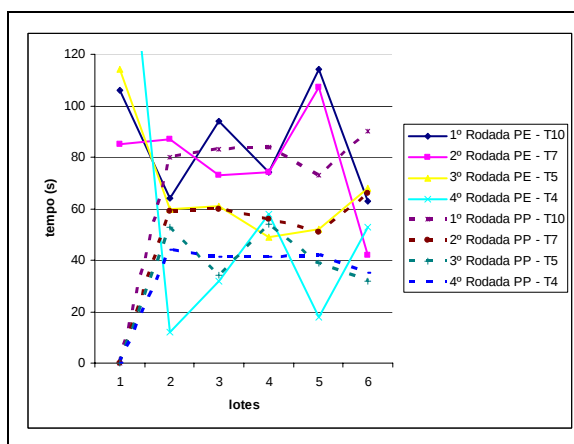


Figura 5. Tempo de produção dos lotes (8 canetas)

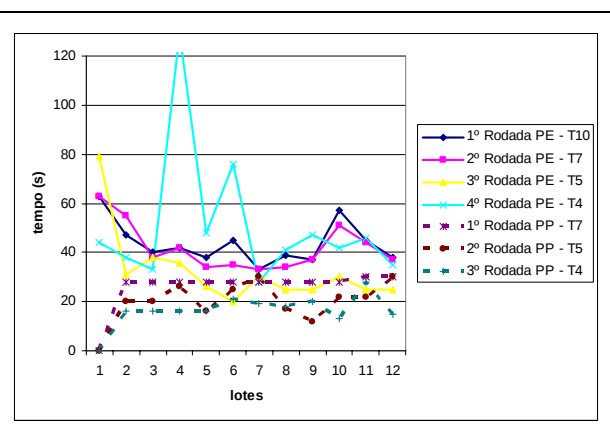


Figura 6. Tempo de produção dos lotes (4 canetas)

4.1.3 Tempo de produção das canetas

A figura 7 expressa o tempo médio gasto para produzir cada caneta em cada rodada. Nota-se que a produção puxada tanto para o lote de 8 quanto para o de 4 canetas apresentou os menores tempos gastos por caneta (maior produtividade), além de apresentar um declínio do tempo de produção por caneta com a diminuição do *takt time*.

O menor tempo alcançado para a produção de uma caneta, foi na quarta rodada com produção puxada, lote de 4 canetas e takt time de 4 segundos (figura 7).

4.1.4 Demanda X Tempo de Entrega dos lotes

A figura 8 mostra a entrega dos lotes em relação à demanda do cliente para a produção puxada **com lotes de 8 canetas**. Observa-se que com um *takt time* de 10 segundos por caneta a fábrica simulada conseguiu entregar os lotes no tempo demandado e com facilidade. O mesmo comportamento foi observado quando o *takt time* foi reduzido para 7 segundos. Já Com 5 segundos, na terceira rodada, alguns lotes foram entregues no tempo da demanda enquanto outros tiveram ligeiros atrasos. Na última rodada com um takt time de 4 segundos a produção não conseguiu atender a demanda. Não havia capacidade para produzir a demanda.

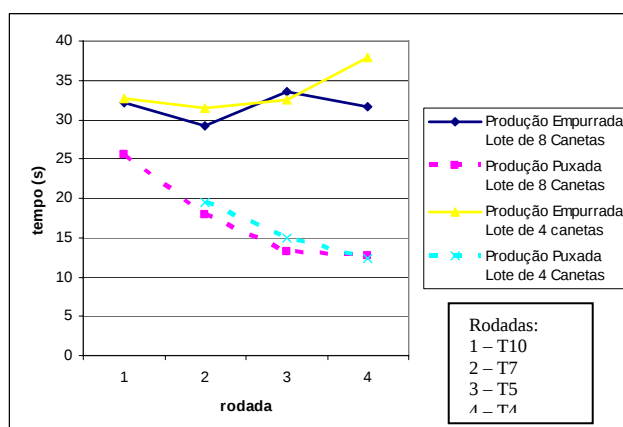


Figura 7. Tempo médio de produção de uma caneta por rodada

Para o lote de 4 canetas (figura 9) foi observado um comportamento semelhante ao com lote de 8 canetas (figura 8).

A primeira rodada da simulação **com lotes de 4 canetas** já começou com 7 segundos de *takt time* (figura 9). Nesta primeira rodada a fábrica cumpriu a demanda com facilidade, ou seja, a capacidade de produção era maior do que a solicitada. Diminui-se então o *takt time* para 5 segundos e foi observado o cumprimento da demanda com alguns atrasos (figura 9). Na última rodada e com 4 segundos foi possível produzir dentro do prazo os primeiros lotes, em seguida acumulou atrasos na entrega.

4.1.5 Takt Time X estoque em processo produção puxada

Através das simulações foi possível observar que a redução do *takt time* contribui para a diminuição do tempo em que às peças ficam no estoque em processo. Porém, a diminuição do lote atuou como principal redutor desta variável. (figura 10)

Nota-se que através da diminuição do takt time e do tamanho do lote conseguiu-se uma redução no tempo de estoque em processo de 96% (figura 10).

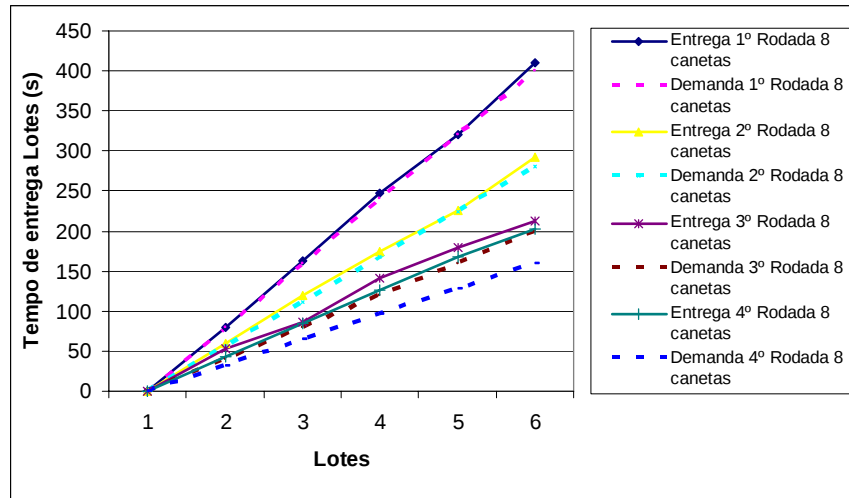


Figura 8. Demanda X tempo de entrega dos lotes Produção puxada (8 canetas)

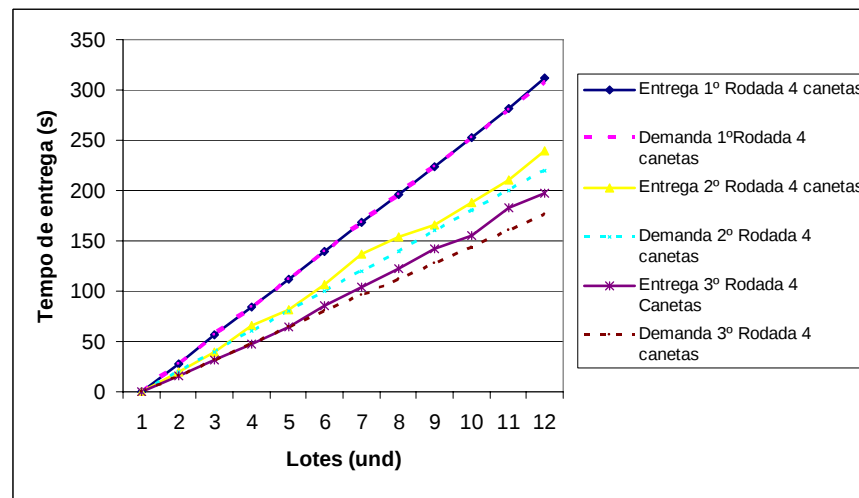


Figura 9. Demanda X tempo de entrega dos lotes Produção puxada (4 canetas)

4.1.6 Takt Time X Lead Time produção puxada

O estudo permitiu observar que o *takt time* e o tamanho do lote influenciam diretamente o lead time.

Com a redução do *takt time* e do lote na produção observa-se uma redução de 79% no lead time (figura 9). Observa-se uma tendência de estabilização da curva com a redução do tempo takt.

Pode-se concluir que o *takt time* tem maior influência na capacidade de atendimento da demanda (figuras 8 e 9), até porque o *takt time* é definido com base na demanda (definida pelo que o cliente final adquire da empresa) e pela capacidade de produção da empresa ou tempo de produção disponível. A redução do *takt time* sem a consideração da capacidade de produção (que permanece estável no experimento) pode resultar em atrasos na produção, conforme observado nas simulações (figuras 8 e 9).

O tamanho do lote exerce maior poder sobre o tempo de estoque em processo e lead time (figuras 10 e 11).

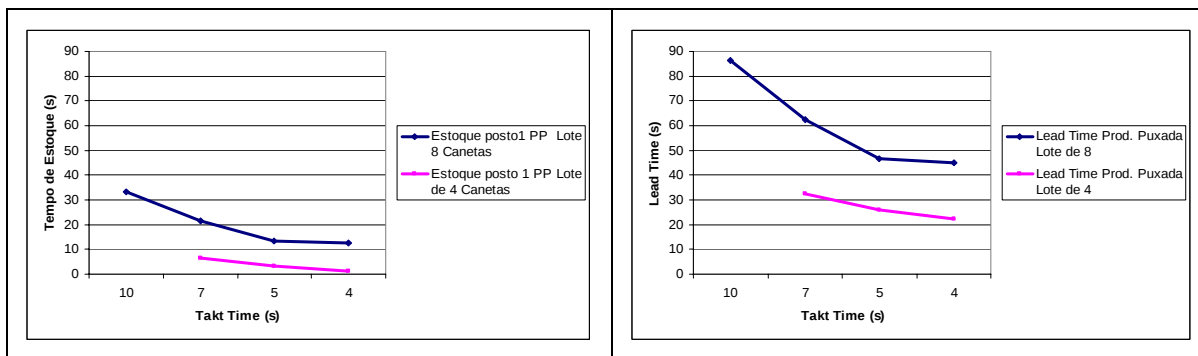


Figura 10. Takt time X Tempo de estoque em processo

Figura 11. Lead Time X Takt time

O estudo fornece varias informações para a tomada de decisões. Permite uma visualização do comportamento da produção em relação a custos, capacidade de atender a demanda, estabilidade (variabilidade) da produção e produtividade.

5. CONCLUSÕES

Com as simulações realizadas foi possível verificar que os conceitos da lean construction podem ser assimilados com este tipo de exercício didático, feito num ambiente controlado mais que possibilita extrapolar os conceitos para uma obra qualquer.

O estudo também permitiu verificar as dificuldades do trabalho em grupo com a determinação das responsabilidades de cada participante e a forma mais produtiva de trabalho.

Comparando os dois sistemas de produção, produção empurrada e produção puxada, pode-se destacar que no processo de produção puxada os operários trabalham de forma mais ordenada, os fluxos de informação são mais objetivos diminuindo os erros nos lotes em relação às cores, praticamente não existe estoque em processo imobilizando menos capital, a ociosidade dos operários é menor, o local de trabalho se apresenta mais ordenado e o material em processo realiza um fluxo contínuo.

Com a simulação também foi possível ver a importância do planejamento das atividades por parte da organização e a determinação correta do layout antes do inicio das atividades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCON, Luis. **The importance of research to develop lean construction**. In Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2. 20-21 Out., 1997. São Paulo. Anais 1997.

BRETERNITZ, Gustavo; MEDARDONI, Aldo; PICCHI, Flavio Augusto. **“Execução de estruturas em alvenarias armadas através de conceitos Lean Thinking: Estudo de caso com foco em redução de lotes e melhorias específicas”** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, IV, 2005, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre – RS, 2005, 10 p.

BULHÕES, Iamara; PICCHI, Flavio; GRANJA, Ariovaldo; Caria, Juliano. **“Fluxo contínuo na construção civil: Um estudo de caso exploratório”** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, IV, 2005, Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre – RS, 2005, 10 p.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Report 72, 1992, 75p.

LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). **Léxico Lean**. Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo, 2003.

PICCHI, Flavio Augusto. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. Ambiente Construído, Porto Alegre-RS, v.3, n. 1, p. 7-23, jan/mar. 2003.

PICCHI, Flavio Augusto; GRANJA, Denis Ariovaldo. “Aplicação do *Lean Thinking* ao fluxo de obra” In: CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, I, 2004, São Paulo, Anais...São Paulo-SP, 2004, 9 p.

PINHO, Alexandre Ferreira; LEAL, Fabiano; ALMEIDA, Dagoberto. “**Utilização de Bloquinhos de Montagem LEGO para o Ensino dos Conceitos do Sistema Toyota de Produção**” In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXV, 2005, Porto Alegre, Anais.... Porto Alegre – RS, 2005, 8 p.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando fluxo contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

SAFFARO, Fernanda Aranha; BRESIANI, Lucia; SANTOS, Débora de Góis; HEINECK, Luiz Fernando. “**Discussão de princípios da lean production através de um jogo didático**”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, Anais.... São Carlos – SP, 2003, 10 p.

SALAZAR, Suares Carlos. **Administración de empresas constructoras**. 333p. México: Ed. Limusa. 1998.

SANTOS, Débora de Góis; VALESKA, Prada Borges; PRADO, Renato Lucio; HEINECK, Luiz Fernando. “**O ensino de linha de balanço e variabilidade através de um jogo didático**” In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu – PR, 2002, 9 p.

SERPELL, Alfredo. **Administración de operaciones de construccion**. 285 p. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. 1993.

SILVEIRA, João Paulo et al. “**Fabrica de canetas- Aprendendo conceitos de produção a partir de jogos em equipe**”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, IV, 2005, Porto Alegre, Anais... Porto Alegre – RS, 2005, 9 p.

SOUZA E SILVA, Maria de Fátima et al. “**Sistema de produção puxado e sistema de produção empurrado: simulação através de jogo didático de montagem de canetas, associando idéias e conceitos ao ambiente da construção civil**” In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III, 2003, São Carlos, Anais.... São Carlos – SP, 2003, 11 p.

TOMMELEIN, I. D.; CHOO, H. J. **Parade of trades: a game for understanding variability and dependence**. Construction Engineering and Management Program, Civil and Environmental Engineering Department, University of Califórnia, Berkeley, CA, September, 1999. 4p.

TUBINO, Dalvio. **Manual de Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D.; SCHAFRANSKI, L. E. **Simulação Empresarial em Gestão da Produção. Manual de Simulação**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdício e crie riqueza**. 5ª ed, 427p. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

AGRADECIMENTOS

A FAPEAL que apóia a pesquisa através de bolsa de mestrado e ao Grupo de Gestão da Construção da UFSC pela estrutura disponibilizada.