O Mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado a uma Fábrica de Montagem de Canetas Simulada

Adolfo Cesar Figueiredo Costa (UFSC) adolfotcc@vcnet.com.br
Antônio Edesio Jungles (UFSC) ecv1aej@ecv.ufsc.br

Resumo

O trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do mapeamento do fluxo de valor em uma planta de 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 analise comparativa dos dois sistemas de produção simulados e feita uma discussão sobre o comportamento da fabrica 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

1. Introdução

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 analise 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, passiveis 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, através da elaboração de um mapa de estado atual e de um mapa de estado futuro conforme a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor. Descrita nos manuais

2. Revisão de literatura

Observa-se que a utilização dos princípios apontados por WOMACK e JONES (1998) tem como objetivo principal a eliminação das perdas, criando um fluxo continuo 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.

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 nem fazem à aplicação do mapeamento de fluxo valor na produção simulada.

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), gráficos referentes ao sistema de produção puxada e de mapeamento de fluxo de valor 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 uma aplicação simulada do mapeamento do fluxo de valor, no intuito de agregar valor e eliminar o desperdício em uma fábrica, de montagem de canetas, simulada.

Este presente artigo limita-se a apresentar os resultados gráficos do mapeamento do fluxo de valor, 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 (GESTCON) 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.

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 e cronometragem. Os dados coletados foram: tempo de ciclo de cada posto de trabalho; lead time de cada rodada; tempo de produção de cada lote; tempo de entrega dos lotes e o tempo de estoque (média) 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.

Figura 1. Produção empurrada

Figura 2. Produção puxada

4. Resultados – Mapeamento do fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor é o simples processo de observação direta dos fluxos de informação e de materiais conforme eles ocorrem, resumindo-os visualmente e vislumbrando um estado futuro com um melhor desempenho (JONES & WOMACK, 2004).

4.1 Estado de produção atual – produção empurrada (PE)

A montagem foi feita numa forma tradicional de produção (figuras 1 e 3) onde o posto de trabalho posterior só trabalhava quando o posto anterior produzia e a demanda era informada aos operários através de um cartão de produção enviado a cada posto de trabalho pelo controle da produção. O expedidor retirava o produto acabado do estoque.

Nesta simulação foi feito um mapeamento do fluxo de valor atual (item 4.1). Discutido os problemas entre os supervisores e os operários da fábrica. E simuladas situações para a melhoria do sistema produtivo com a variação do lote de produção, do *takt time* e do sistema produtivo. Isso resultou na elaboração de um mapa de fluxo de valor futuro (item 4.2) com a implantação do sistema puxado de produção com fluxo contínuo. Para isso foram usados os 5 princípios da mentalidade enxuta descritos em Womack e Jones (1998) e os manuais Aprendendo a Enxergar (ROTHER & SHOOK, 2003), Criando Fluxo Contínuo (ROTHER & HARRIS, 2002), Enxergando o Todo (JONES & WOMACK, 2004) e Criando o Sistema Puxado Nivelado (SMALLEY, 2005).

O primeiro passo tomado foi desenhar o estado atual (figura 3) através da coleta de dados e informações da primeira simulação com produção empurrada e com geração de estoques para suprir a demanda do cliente. Isto fornece informações necessárias para o desenvolvimento de um estado futuro.

Os Problemas encontrados na produção empurrada foram: grande quantidade de estoques em processo; os processos não conectados (cada um produz segundo a sua própria programação) empurrando sua produção para frente; o longo lead time em comparação ao pequeno tempo de processamento; trabalhadores estressados e preocupados em acelerar a sua produtividade já que a fábrica estava sempre com os lotes atrasados (figura 3), alguns produtos defeituosos; falta de capacidade para atender a produção.

4.2 Estado de produção futura – 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, para a elaboração do mapa de estado futuro (figura 4), 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 (figuras 2 e 4). 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. As modificações estão representadas no mapa da figura 4.

4.3 Analise 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.

4.3.1 Demanda X Tempo de Entrega dos lotes

Percebe-se através da figura 3 que, no sistema de produção empurrado, houve atraso na entrega dos lotes em todas as simulações realizadas, ou seja, essa configuração de produção não é capaz de suprir a demanda do cliente e necessita de melhorias.

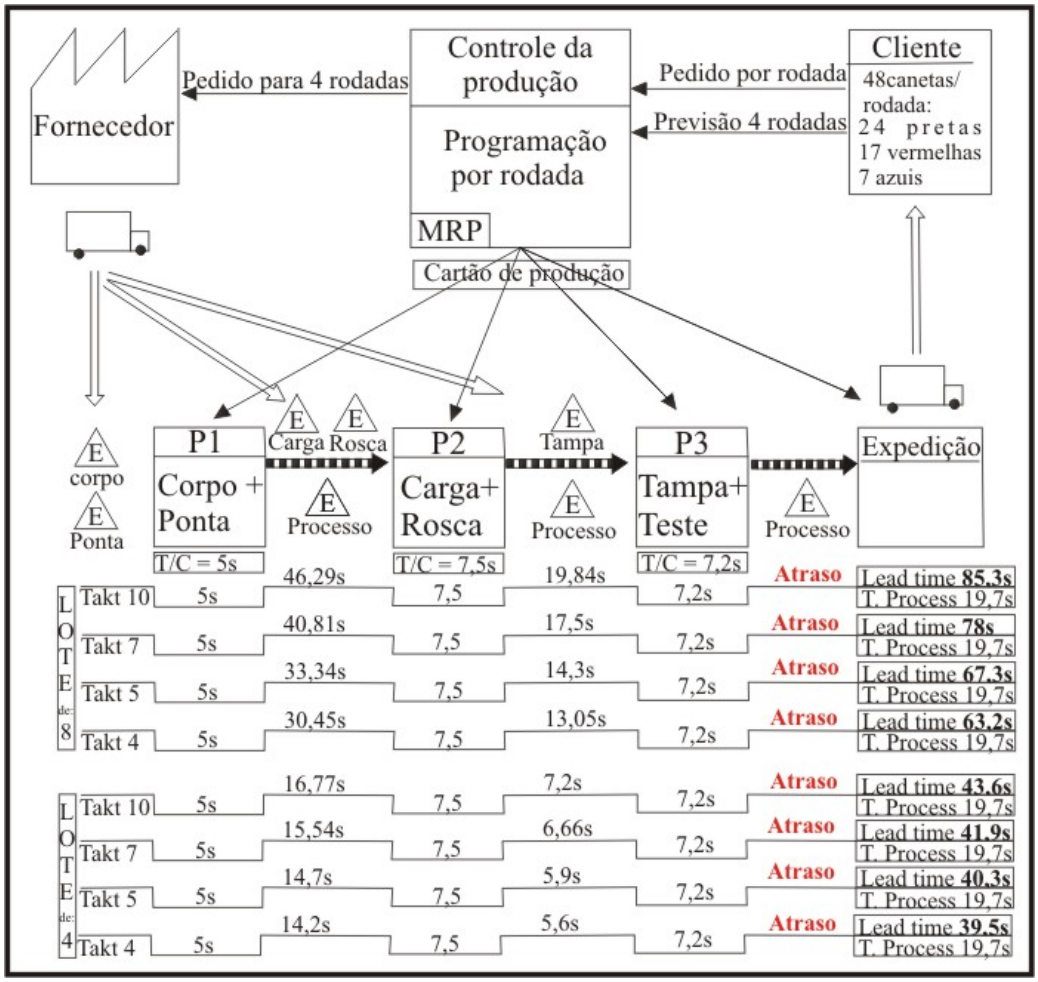

Figura 3. Mapa de Estado Atual da fábrica de montagem de canetas simulada

Com a implantação do sistema de produção puxada (figura 4) observa-se que, com o lote de 8 canetas, houve capacidade de suprir a demanda com *takt times* de 10 e 7 segundos por caneta alcançando um lead time de 62,6s. O mesmo comportamento já não foi observado ao reduzir mais ainda o tempo *takt time* de produção para 5 e 4 segundos, onde houve falta de capacidade de produção (atrasos).

Quando o lote de canetas foi reduzido pra 4 canetas à fábrica supriu a demanda com um tempo *takt* de 7 segundos, e ainda conseguiu o menor o menor *lead time (32,5s)* com a supressão da demanda.

4.3.2 Takt Time X Estoque em Processo na 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 5)

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 5).

4.3.3 Takt Time X Lead Time na 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 6). 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 3 e 4), enquanto que o tamanho do lote exerce maior poder sobre o tempo de estoque em processo e lead time (figuras 5 e 6).

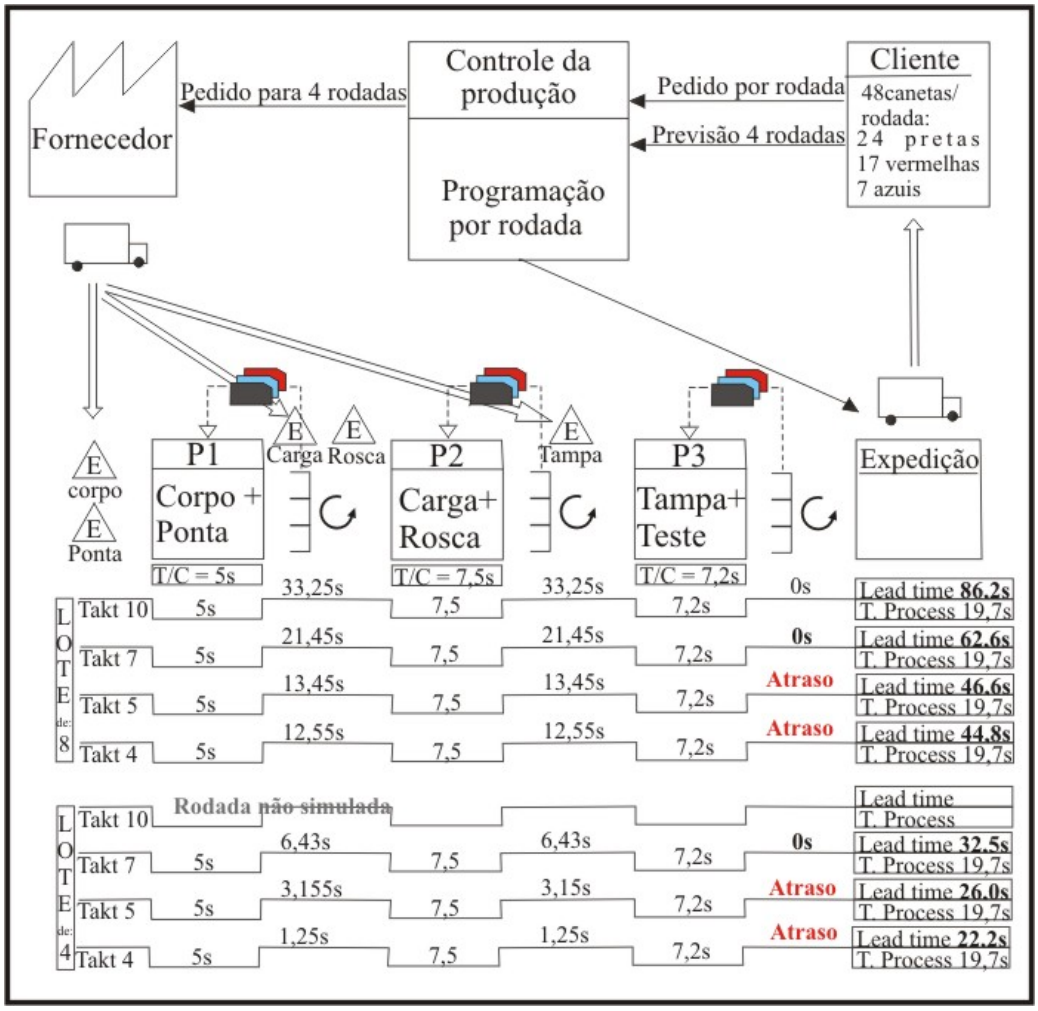

Figura 4. Mapa de Estado Futuro da fábrica de montagem de canetas simulada

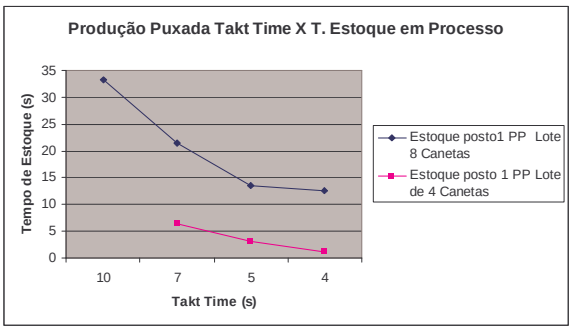

Figura 5. Takt time X Tempo de estoque em processo

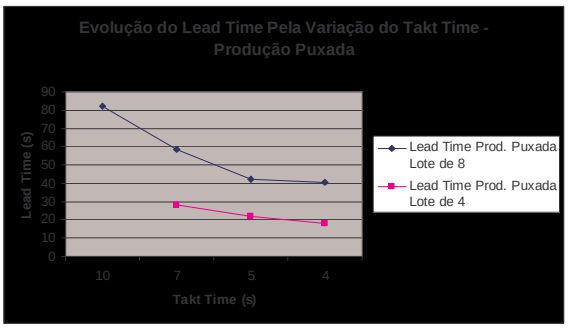

Figura 6. Lead Time X Takt time

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

Este artigo cobre o fluxo de produção dentro de uma planta de montagens de canetas simuladas, o estudo foi desenvolvido por pesquisadores (gestores) de construção civil na Universidade Federal de Santa Catarina.

De acordo com os resultados demonstrados, observou-se que o processo produtivo simulado fica melhor articulado aos seus clientes (demanda) por meio de fluxo contínuo e produção puxada, e que dessa forma se aproxima o máximo possível de produzir apenas o que os clientes precisam e quando precisam.

A produção puxada em fluxo de valor, regulada por um processo puxador, apresentou uma grande vantagem em relação à produção empurrada. Com o controle de produção no "chão de fábrica", os operários puderam sentir e reagir mais rapidamente à dinâmica mutante da produção. Não houve atrasos esperando a conferencia do cartão de produção. Além disso, o controle no chão de fábrica atribui à responsabilidade e a capacidade de resolver problemas aqueles que realmente operam o processo.

No processo de produção puxada os operários trabalham de forma mais ordenada, os fluxos de informação são mais objetivos eliminando os erros nos lotes em relação às cores das canetas (perfeição), praticamente não existe estoque em processo imobilizando menos capital, a ociosidade dos operários é menor (maior produtividade), o local de trabalho se apresenta mais ordenado (qualidade) e o material em processo realiza um fluxo contínuo.

Observou-se na simulação que os esforços kaizen são mais efetivos quando aplicados estrategicamente, no contexto da construção de um fluxo de valor enxuto. O mapa de fluxo de valor permite construir uma completa cadeia de valor de acordo com os princípios enxutos, embora, neste estudo, a ferramenta foi aplicada apenas no "porta a porta" da fábrica simulada.

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

O jogo permite que os participantes sejam capazes de enxergar e sentir o fluxo, assim, automaticamente, passaram a focar menos o layout e mais o fluxo em si.

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.

Referências

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 especificas"* 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. *"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.

JONES, Daniel; WOMACK, James. *Enxergando o Todo.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

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

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 CONSTRUIDO, 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.

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 CONSTRUIDO, IX, 2002, Foz do Iguaçu – PR, 2002, 9 p.

SMALLEY, Art. *Criando o Sistema Puxado Nivelado.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2005.

SILVEIRA, João Paulo et al. *"Fábrica 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, 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.