



ENTAC2006

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

MONTAGEM DE CARRINHOS – APRENDIZADO DE CONCEITOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA POR MEIO DE JOGOS DIDÁTICOS

**Juliana Bonacorso Dorneles (1); Marcelo D. Depexe (2); João Paulo Silveira (3);
Fabio Corrêa Gasparetto (4); Débora de Gois Santos (5); Luiz Fernando M. Heineck
(6)**

(1) Mestranda do PPGECC – UFSC – e-mail: jubd@hotmail.com

(2) Mestrando do PPGECC – UFSC – e-mail: marcelodepexe@yahoo.com.br

(3) Mestrando do PPGECC – UFSC – e-mail: joaopaulos@yahoo.com.br

(4) Mestrando do PPGECC – UFSC – e-mail: fabiogasporetto@hotmail.com

(5) Dra, Professora na UFS – e-mail: deboragois@yahoo.com.br

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

RESUMO

Proposta: A Construção Civil vem delineando caminhos para processos produtivos mais adequados, mediante o uso de técnicas gerenciais modernas, a exemplo da Construção Enxuta, de modo a aumentar a produtividade e competitividade. O uso de jogos didáticos em equipe trabalha estas técnicas por meio da simulação do processo produtivo, com o objetivo de melhorar a produtividade da equipe. **Método de pesquisa/Abordagens:** Este assunto é abordado no presente trabalho através de micro processos, representados por jogos em equipe, que podem retratar as dificuldades encontradas nos macros processos correntes na Indústria da Construção Civil. Neste trabalho, realizaram-se simulações do processo de montagem de carrinhos, de modo a comparar o desempenho do grupo em diferentes formas de organização do processo produtivo. **Resultados:** Como resultado, se obtém a redução do tempo de produção através da avaliação de elementos, tais como a distribuição das atividades entre os postos de trabalho, a aplicabilidade de elementos pré-fabricados, a redução de estoques e a redução da área de trabalho. **Contribuições/Originalidade:** Este método de ensino, por meio da realização de simulações, facilita a compreensão de novos conceitos, a exemplo da construção enxuta.

Palavras-chave: simulação; construção enxuta; aprendizado.

ABSTRACT

Propose: Construction industry looks for more adequate productive processes, by means of the use of modern managerial techniques, like the Lean Construction, in order to increase the productivity and competitiveness. Teams' didactics games work these techniques by means of the simulation of the productive process, with the objective to improve the productivity of the team. **Methods:** This paper uses the processes micro, represented by team games, which can show the difficult of processes macro in construction industry. It was doing simulation of assembly cars parts for compeered with different forms of production process organization. **Results:** The investigation result in the production time reduced through elements evaluation, how: activities distribution between station works, used of prefabrication materials, stock reduced, and station work reduced. **Value/originality:** This method of education, by means of the simulation accomplishment, facilitates the understanding of new concepts, like the lean construction.

Keywords: simulation; lean construction; learning.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem, atualmente, delineando caminhos para processos produtivos mais adequados, mediante o uso de técnicas gerenciais modernas, a exemplo da Construção Enxuta, de modo a aumentar a produtividade e competitividade. Entretanto, é necessário que os engenheiros conheçam tais técnicas, de modo a possibilitar sua utilização da maneira mais eficaz possível e assim promover o avanço do setor. O uso de jogos didáticos em equipe é uma alternativa de ensino, pois permite abordar estas técnicas por meio da simulação do processo produtivo, com o objetivo de melhorar a produtividade da equipe.

A utilização de jogos e simulações tem se difundido como ferramenta de apoio ao ensino na última década. Paxton (2003) utiliza jogos Lego System® para demonstrar a alunos de graduação e pós-graduação os conceitos relativos à curva de aprendizado, por meio de uma situação real. Deste modo, os alunos determinam sua própria curva de aprendizagem, o que facilita a assimilação do conceito em relação às tradicionais aulas expositivas.

A vantagem do uso de simulações é que elementos do mundo real são simplificados de modo a ser possível levá-los para a sala de aula. Doyle e Brown (2000) simulam condições de competitividade o mais próximas possível da realidade e verificam que as soluções geradas e os conceitos aprendidos podem ser levados para o ambiente de negócios fora da sala de aula. As habilidades desenvolvidas incluem gestão do tempo, desenvolvimento de estratégias, construção de times e capacidade de negociação.

Na área de finanças Barrese, Scordis e Schelhorn (2003) apresentam um jogo computacional que simula um mercado de seguros. O objetivo do jogo é oferecer ao aluno a possibilidade de integrar seus conhecimentos sobre contabilidade, finanças, gestão do risco, seguros e tópicos relativos a investimentos. Além disso, o jogo possibilita que os alunos vivenciem um ambiente competitivo similar ao real, com as dificuldades inerentes às áreas de marketing, investimento e atividades produtivas.

Sun (1998) apresenta um jogo que simula de maneira simples um sistema de produção de veículos. O objetivo do jogo é explorar os conceitos de *just-in-time* (JIT) e *material requeriment planning* (MRP) por meio de uma simulação. O autor utiliza apenas papel e cartas de baralho para representar os carros e o sistema *kanban* utilizado na linha de montagem.

Já Ammar e Wright (1999) descrevem oito atividades realizadas em sala de aula, relacionadas ao ensino na área de gestão de operações. Dentre os exemplos citados, há jogos que utilizam peças físicas, como Lego System®, além de simulações computacionais. Os conceitos abordados durante os jogos dizem respeito à programação de atividades, linha de balanço, gestão de estoque, cadeia de suprimentos, *just-in-time*, variabilidade, trabalho em processo e controle da qualidade. Os autores salientam que os jogos possuem elementos de trabalho em equipe, competição e diversão, o que contribui para aumentar o entusiasmo, envolvimento e interesse dos alunos sobre os conceitos apresentados.

As diferenças entre os sistemas de produção puxado e empurrado, além dos conceitos relativos a *just-in-time* e *kanban*, são abordadas por Silveira *et al.* (2005), por meio de um jogo que simula uma fábrica de canetas. Os autores realizam a simulação do processo de montagem do produto, de modo a comparar o desempenho do grupo em diferentes formas de organização do processo produtivo. Assim, o exercício prático permite aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos de gestão da produção. Souza e Silva *et al.* (2003) também apresentam um jogo de montagem de canetas, com quatro situações diferentes, de modo a abordar conceitos relativos a sistema de produção empurrado, sistema de produção puxado, além de conceitos *lean*, como variabilidade, redução do tempo de ciclo, simplificação, transparência, flexibilidade e balanceamento das atividades.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar um jogo didático como ferramenta de apoio ao ensino da construção enxuta, por meio de uma simulação de uma linha de montagem de automóveis, a partir do qual se podem abordar diversos conceitos relativos aos sistemas de produção.

3. MÉTODO DE TRABALHO

Apresenta-se a seguir as simulações realizadas para a montagem de 39 carrinhos Lego System[®]. Os carrinhos têm o formato de carros de corrida e incluem o piloto. Para montagem de um carrinho são necessárias 18 peças: 1 capacete, 1 cabeça, 1 camisa, 1 calça, 4 rodas, 1 banco, 2 eixos, 1 chassi, 1 bloco do motor, 1 direção, 2 tanques de combustível, 1 pára-choque e 1 capô.

O estoque no posto de trabalho foi representado por tapetes. O valor de cada tapete é proporcional a sua dimensão em minutos. Assim, um tapete com área correspondente a uma folha A4 vale 20 minutos; um A5, 10 minutos; um A6, 5 minutos e assim sucessivamente. O objetivo é utilizar o tapete de menor dimensão possível, induzindo para a produção contínua, quase que passando da mão de um operário diretamente para a mão de outro.

Estudou-se o fornecimento de materiais, com relação às distâncias de transporte e ao tamanho dos lotes, a aplicação dos conceitos da Construção Enxuta neste tipo de simulação e ainda a viabilidade de pré-fabricação de partes do carrinho. Deste modo, as regras do jogo foram:

- Montagem de 39 carrinhos Lego;
- Distribuição da produção em 3 postos de trabalho;
- Cada posto possui 3 áreas de trabalho: uma para montagem, outra para recepção do carro em processo e uma terceira para estoque;
- Simulação do fornecedor de materiais;
- Trabalho com estoques pequenos na produção;
- Aplicação dos conceitos da Construção Enxuta;
- As áreas de trabalhos são limitadas por tapetes;
- Cada peça pré-fabricada custa 3 segundos.

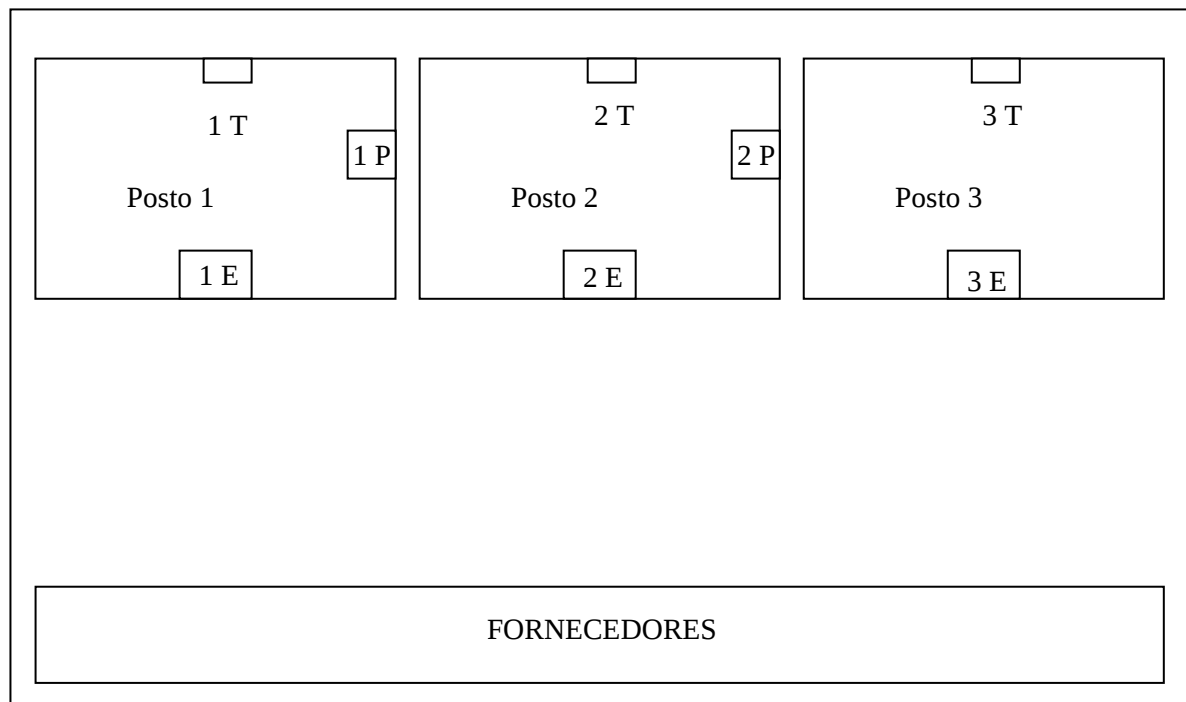
Os conceitos da Construção Enxuta aplicados foram:

- Simplificação das operações;
- Compressão do ciclo de tempo;
- Lotes pequenos;
- Preparação do trabalho;
- Pacotização do trabalho;
- Padronização do trabalho;
- Identificação de seqüências no espaço;

- Aumento da velocidade de trabalho e seu conseqüente ritmo;
- Paralelismo das operações;
- Redução do tempo de atravessamento;
- Ambiente de Células;
- Diminuição do espaço de transporte;
- Auto-regulação do trabalho pelos operários, sincronia;
- Efeito aprendizagem;
- Definição do caminho crítico.

Na figura 1 é apresentado o *layout* da produção dos carrinhos, onde se podem identificar os três postos de trabalho, juntamente com suas áreas de trabalho internas. Para a distribuição das tarefas realizadas em cada posto foram realizadas simulações prévias. Os fornecedores só abastecem o estoque mediante pedido do cliente e em lotes parcelados.

Nestas simulações, mediram-se os tempos de montagem das partes componentes e distribuíram-se os grupos de peças montadas nos postos de trabalho, de forma a considerar o balanceamento dos tempos de produção, grau de dificuldade na montagem da peça e melhor seqüência de produção.



(Onde: E = estoque; P = produção e T = recepção do carro em processo).

Figura 1: Layout de produção dos carrinhos.

Na figura 2 (a) e (b) podem ser visualizados os produtos acabados e seus estoques iniciais, respectivamente. Por sua vez, a figura 3 (a) e (b) apresenta o manual de montagem, que era afixado na fábrica de modo a ser consultado pelos operadores. O referido manual foi grandemente utilizado nas primeiras simulações para ajuste do *layout* e das quantidades de trabalho.

Os elementos de produção são agrupados por tipo em vasilhames plásticos, de onde retiram-se as quantidades de materiais de acordo com o pedido.



Figura 2: Carrinhos e suas peças constituintes.

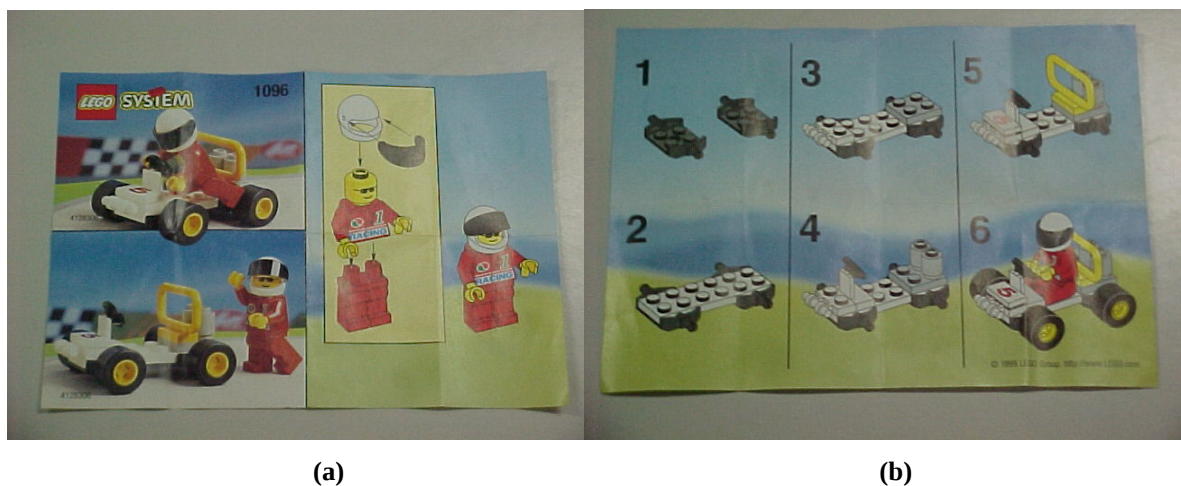


Figura 3: Manual de montagem do Carrinho.

4. MONTAGEM DOS CARRINHOS

Foram realizadas três simulações de montagem dos carrinhos antes de dar início à produção em massa. A primeira simulação foi composta das seguintes tarefas nos postos de trabalho:

- Posto 1: Montar o chassi, os 2 eixos, o bloco do motor, os 2 tanques de combustível e o banco. O processo levou 17 segundos para montar essas peças.
- Posto 2: Montar as 4 rodas, a direção, o pára-choque e o capô. Essa montagem resultou em 15 segundos.
- Posto 3: Montar o piloto, ou seja, o capacete, a cabeça, a calça e a camisa. Esse posto levou 6 segundos.

A figura 4 ilustra as peças usadas em cada posto na primeira simulação. Ao analisar os dados, verificou-se que houve sobrecarga de trabalho nos postos 1 e 2. Constatou-se que no processo de montagem o posto 2 ficou dependente do posto 1 para iniciar o seu trabalho, enquanto que no posto 3 o piloto já estava em processo de fabricação, em paralelo ao 2.

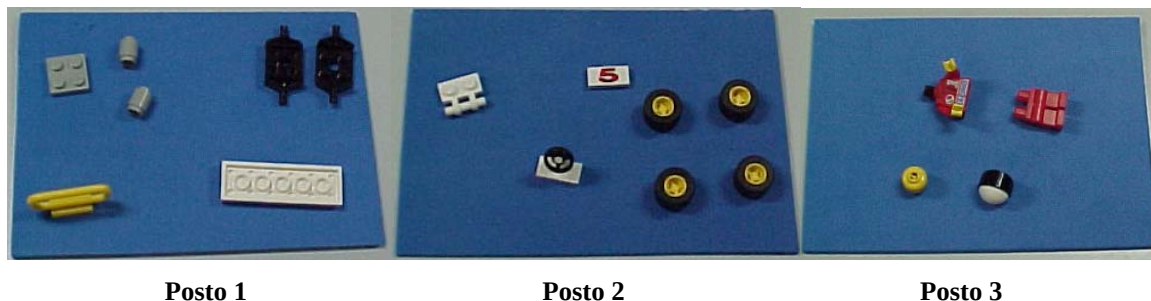


Figura 4: Montagem nos postos de trabalho – Primeira simulação.

A mudança no processo para a nova simulação foi feita com o objetivo de proporcionar o paralelismo das atividades. Deste modo, cada operário pode iniciar seu trabalho sem dependência do posto de trabalho anterior, ou seja, o processo pode ser iniciado e posteriormente montado no produto semi-acabado. Portanto, na segunda simulação, as tarefas em cada posto de trabalho foram as seguintes:

- Posto 1: Montar o chassi, 1 eixo, 2 rodas, o capô, o pára-choque e a direção. Este posto consumiu 25 segundos.
- Posto 2: Montar 1 eixo, 2 rodas, o bloco do motor, os 2 tanques de combustível e o banco, o que levou 18,3 segundos.
- Posto 3: Não houve alteração, ou seja, o posto foi responsável pela montagem do piloto, que resultou em 6 segundos.

A figura 5 ilustra as peças usadas em cada posto na segunda simulação de montagem. Após essa primeira mudança, o posto 1 ficou sobrecarregado e o posto 3 continuou com uma carga de trabalho relativamente pequena.

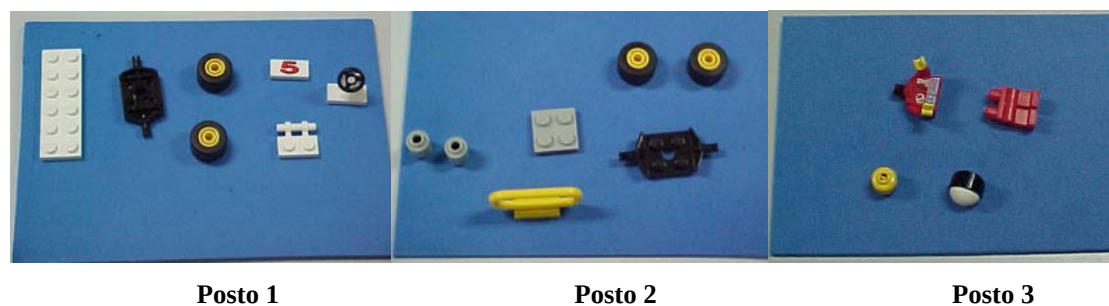


Figura 5: Montagem nos postos de trabalho – Segunda simulação.

A mudança do processo para a terceira e última simulação teve as seguintes tarefas em cada posto de trabalho. Os tempos acumulados para a montagem de um carro foram:

- Posto 1: Montar o chassi, 1 eixo, 2 rodas, o pára-choque e a direção. Esta montagem levou 14 segundos.
- Posto 2: Montar 1 eixo, 2 rodas, o bloco do motor, os 2 tanques de combustível e o banco. Esta etapa levou 25 segundos acumulados e 9 segundos individuais, para montar essas peças.
- Posto 3: Montar o piloto (o capacete, a cabeça, a calça e a camisa) e o capô. Levou 29,51 segundos acumulados e 4,51 segundos individuais, para montar essas peças.

Ao contrário das outras simulações, nesta última a medição dos tempos de montagem foi realizada considerando os tempos acumulados na linha de montagem. Desse modo, pode ser verificado como as tarefas dos postos 2 e 3 foram incorporadas dentro do tempo de montagem realizado no posto 1, o que justifica o uso do paralelismo das tarefas.

A figura 6 apresenta as peças usadas em cada posto na terceira simulação de montagem.

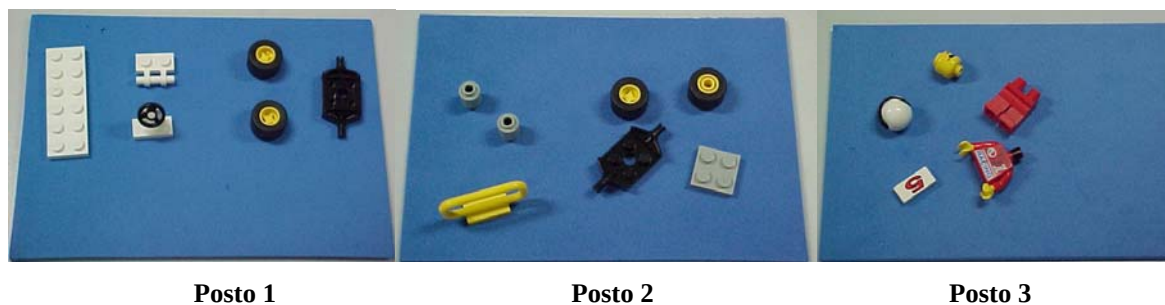


Figura 6: Montagem nos postos de trabalho – Terceira simulação.

As decisões tomadas antes do início da produção plena e as justificativas adotadas foram:

- Necessidade de uma área de montagem, simulando o espaço físico necessário no caso real. O espaço de trabalho, representado pelo tapete, é de uma área suficiente para apoiar um carro, ou seja, foi imobilizada uma área no formato A8 em cada posto de trabalho, com um tempo total de multa igual a 225 segundos.
- Estoque de 2 carrinhos em cada posto de trabalho, pois 1 carrinho necessitaria de muito transporte para o fornecimento e 3 carrinhos representaria um alto investimento no estoque inicial do processo.
- Estocagem do material em recipientes fechados lateralmente (baias). Pois existiam peças pequenas que facilmente poderiam se espalhar pelo posto de trabalho. Esta decisão implicou no uso de uma área de estocagem correspondente ao tamanho do recipiente, o que imobilizou uma área no formato A6 em cada posto de trabalho e multa de 900 segundos.
- Área de processo suficiente para apoiar dois carros em processo, imobilizando uma área A7 nos postos 1 e 2 e multa de 300 segundos.
- 3 montadores, 2 fornecedores e um gerente (controle da produtividade). Esta decisão foi tomada porque um fornecedor não consegue atender a demanda de materiais, quando se trata de grande diversidade de peças.

- Controle da produção a cada lote de 4 carros, registrando os tempo acumulados de fabricação. A escolha do lote foi estipulada em 4 para facilitar o resgate das informações.

Na primeira rodada foram verificados dois problemas durante a produção dos carrinhos:

- Gargalo no posto 2, dificuldade ao montar os dois tanques e o banco.
- Falha no posto 3, ao colocar o piloto, o tanque de combustível se desprendiam.

O fato fez com que o grupo sugerisse a pré-fabricação dos tanques, banco e bloco do motor. Então foi tomada a decisão de um novo teste, onde a pré-fabricação foi inserida no processo. Como resultado, obteve-se a montagem do carrinho em 21 segundos, enquanto que anteriormente o carrinho era montado em 29,51 segundos. Porém, a pré-fabricação foi inviabilizada porque a multa de 3 segundos para cada peça contida no material pré-fabricado resultava em uma penalidade total por carrinho de 12. Outro motivo que influenciou a decisão de não pré-fabricar esse conjunto de material, foi a constatação que somente o problema no posto 2 seria resolvido.

As decisões para melhorar a produção foram as seguintes:

- Alterar a linha de montagem, antecipar a montagem do piloto para o posto 2, e montar os tanques e o banco no posto 3;
- Reduzir as áreas de recepção (de A7 para A9) e de montagem (de A8 para A9), passando a ter uma multa de 111 e 74 segundos respectivamente, por não haver a necessidade desses acréscimos de áreas para realização das tarefas.
- Realizar novas simulações para escolha de nova linha de montagem, de modo a determinar a sequência ideal.

Em novas simulações foi obtido, numa primeira tentativa, o tempo de 29 segundos por carrinho, não melhorando significativamente em relação ao tempo anterior. Na segunda tentativa o tempo foi reduzido em 1,50 segundos do tempo inicial. Então a nova linha de montagem teve as seguintes tarefas em cada posto de trabalho, bem como os tempos acumulados para a montagem de um carro:

- Posto 1: Montar o chassi, 2 eixo, 4 rodas, o que levou 14 segundos.
- Posto 2: Montar o piloto (capacete, a cabeça, a calça e a camisa) além da direção. Esta etapa resultou em 24 segundos acumulados e 10 segundos individual.
- Posto 3: Montar o pára-choque, o capô, o bloco do motor, os 2 tanques de combustível e o banco. A montagem neste posto levou 28 segundos acumulados e 4 segundos individual.

A figura 7 mostra as peças usadas em cada posto na terceira simulação de montagem.

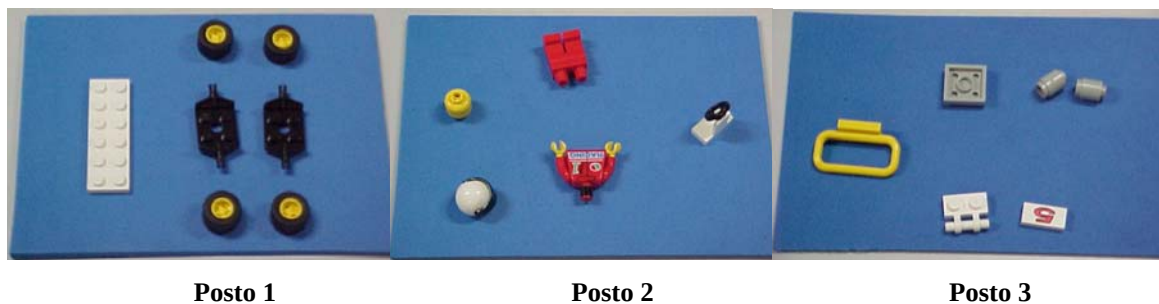


Figura 7: Montagem nos postos de trabalho – Alteração do processo.

A tabela 1, por sua vez, apresenta o controle de produção das duas rodadas de montagens.

Tabela 1 Controle de produção das duas rodadas de montagem

Carrinhos	PRIMEIRA RODADA		SEGUNDA RODADA	
	Tempo Acumulado	Tempo do Ciclo	Tempo Acumulado	Tempo do Ciclo
4	101	101	85	85
8	198	97	170	85
12	271	73	245	75
16	363	92	335	90
20	468	105	410	75
24	-	-	485	75
28	542	-	570	85
32	630	88	640	70
36	721	91	720	80
39	782	61	770	50
Total por carrinho	$(1425 \text{ (MULTA)} + 782*6)/39 = 157 \text{ s/carrinhos}$		$(1085 \text{ (MULTA)} + 770*6)/39 = 146 \text{ s/carrinhos}$	

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou o relato de uma experiência na qual se utiliza um jogo para complementar o processo de aprendizado em sala de aula. A partir do jogo realizado, os alunos puderam compreender melhor os conceitos da construção enxuta, tais como simplificação das operações, ciclo de tempo, lotes pequenos, preparação do trabalho, pacotização do trabalho, padronização do trabalho, identificação de seqüências no espaço, aumento da velocidade de trabalho e seu conseqüente ritmo, paralelismo das operações, redução do tempo de atravessamento, ambiente de Células, diminuição do espaço de transporte, auto-regulação do trabalho pelos operários, sincronia, efeito aprendizagem e definição do caminho crítico.

Ressalta-se ainda que, mesmo que todos estes conceitos sejam compreendidos pelos alunos, se não houver um planejamento prévio efetivo o resultado final não será positivo, ou seja, o uso adequado destes conceitos direciona a preparação para o trabalho, de modo a reduzir variabilidades e a aumentar a produtividade da equipe.

Na simulação, verificou-se ainda a importância de estudos pilotos da linha de produção, com disposição de peças, relação com o fornecedor, polivalência dos participantes e balanceamento da quantidade de trabalho nos postos de produção.

A pré-fabricação, por intermédio de penalidades na forma de multas, levou os participantes a analisarem seu custo/benefício durante as simulações, como ocorre nos casos reais onde se paga um preço elevado para se obter maior velocidades de produção.

O mais importante é que todos estes conhecimentos e a comparação entre situações diferenciadas de layout de trabalho foram viabilizados por jogo de simulação sem o desprendimento de grande consumo de tempo e recursos físicos, bem como desperdício de materiais, situações comuns em casos reais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMMAR, Salwa; WRIGHT, Ronald. Experiential learning activities in operations management. **International Transactions in Operational Research**, v. 6, n. 2, p. 183-197, 1999.

BARRESE, James; SCORDIS, Nicos; SCHELHORN, Carolin. Teaching introductory concepts of insurance company management: a simulation game. **Review of Business**, v. 24, n. 1, p. 43-48, 2003.

DOYLE, Declan.; BROWN, F. William. Using a business simulation to teach applied skills - the benefits and the challenges of using student teams from multiple countries. **Journal of European Industrial Training**, v. 24, n. 6, p. 330-336, 2000.

PAXTON, John. Teaching brief: a short, simple learning curve classroom exercise. **Decision Sciences Journal of Innovative Education**, v. 1, n. 2, p. 303-307, 2003.

SILVEIRA, João Paulo; DEPEXE, Marcelo D.; GASPARETTO, Fabio C.; DORNELES, Juliana Bonacorso; SANTOS, Débora de Gois; HEINECK, Luiz Fernando M. 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; BRESSIANI, Lucia; SAFFARO, Fernanda Aranha; SANTOS, Débora de Gois; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. 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.

SUN, Hongyi. A game for the education and training of production/operations management. **Education + Training**, v. 40, n. 9, p. 411-416, 1998.

7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq - Brasil.