



**QUALIDADE DE PROJETO NA ERA DIGITAL INTEGRADA
DESIGN QUALITY IN A DIGITAL AND INTEGRATED AGE**

III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído
VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção

Campinas, São Paulo, Brasil, 24 a 26 de julho de 2013

HEIJUNKA DE MÁQUINAS MANIPULADORAS UTILIZANDO TABLETS NO CANTEIRO DE OBRAS¹

George Barbosa

Construtora Colmeia, Fortaleza, Brasil
george.barbosa@colmeia.com.br

Fabíola Andrade

Construtora Colmeia, Fortaleza, Brasil
fabiola@colmeia.com.br

Clarissa Biotto

Sistema de Planejamento e Produção - SIPPRO, Fortaleza, Brasil
clerwice@pauta.eng.br

Bruno Mota

Sistema de Planejamento e Produção - SIPPRO, Brasil
bruno@pauta.eng.br

RESUMO

A utilização de novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) podem trazer benefícios ao gerenciamento dos canteiros de obras, como economia de materiais, melhoria da produtividade e da velocidade de transmissão de informações. Para gerenciar o abastecimento de mais de 62 blocos de 14 apartamentos cada, distribuídos em uma área de 55 hectares, uma equipe de engenheiros de uma construtora de Fortaleza desenvolveu um sistema para programar e acompanhar o andamento das atividades das manipuladoras telescópicas pelo canteiro, a fim de evitar ociosidades das mesmas e dos operários à espera de materiais. Deste modo, o presente artigo expõe um sistema informatizado de distribuição e nivelamento do trabalho (*Heijunka*) de máquinas com uso de *tablets* para informar aos operadores sobre as atividades de abastecimento e limpeza a serem executadas no canteiro de obras. O trabalho se desenvolveu em cinco etapas: treinamento da equipe em conceitos da construção enxuta; reconhecimento de problemas reais; desenvolvimento do sistema como solução aos problemas; teste da solução e identificação de melhorias; e, consolidação dos resultados. Os resultados alcançados foram reduções na ociosidade das máquinas, nas paradas de serviço por falta de materiais, nas distâncias percorridas, e aumento da organização do canteiro e da produtividade dos operários.

Palavras-chave: *tablet*, *heijunka*, TIC, canteiro de obras, construção enxuta.

ABSTRACT

The use of new information and communication technologies (ICT) can bring benefits to the management of construction sites, such as material savings, improved productivity and speed of information transmission. To manage the supply of more than 62 blocks of 14 apartments each, spread over an area of 55 hectares, a team of engineers from a construction company at Fortaleza developed a system to schedule and track the progress

¹ BARBOSA, G.; ANDRADE, F.; BIOTTO, C.; MOTA, B. *Heijunka* de Máquinas Manipuladoras Utilizando *Tablets* no Canteiro de Obras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-12.

of activities of forklifts on site in order to avoid idleness of them and the workers waiting for materials. Thus, this paper describes a computerized system for distribution and leveling (Heijunka) of forklift work, using tablets to inform operators about supply and cleanup activities to be performed on the jobsite. The work was developed in five steps: team training in lean construction concepts, recognition of real problems; system development as a problems solution, solution testing and identification of improvements, and consolidation of results. Results were reductions in idle machines, work stoppage due to lack of material, distance traveled, and, increases in organization of construction site and productivity of labor.

Keywords: tablet, heijunka, ICT, construction site, lean construction.

1. INTRODUÇÃO

Vários estudos defendem o grande potencial existente na indústria da construção civil para a utilização de Tecnologia da Informação (TI) no seu sistema de gestão (NASCIMENTO; SANTOS, 2002; SANTA CRUZ, 2002). Além disso, o rápido desenvolvimento de tecnologias da informação e comunicação (TIC) móvel, sem fio e seus dispositivos estão oferecendo novas possibilidades de portabilidade e acesso a sistemas de informação e ferramentas de comunicação por parte dos profissionais de gestão da produção (LÖFGREN, 2006). A computação móvel tem grande potencial em melhorar o trabalho em campo, a produtividade das equipes e o gerenciamento da construção (PASCOE; RYAN; MORSE, 1998).

Segundo Sacks e Gehbauer (2010), sistemas de informação tendem a melhorar os fluxos dos processos: eliminando as atividades que não agregam valor, diminuindo os tempos de ciclo e erros na produção, o qual reduz o retrabalho, e mitigando a variabilidade nos processos. Ainda segundo os autores, em alguns casos, os sistemas de TI são introduzidos como parte de iniciativas planejadas da construção enxuta, e são gerados conscientemente e cuidadosamente para facilitar a implementação da construção enxuta.

Em outros casos, os desenvolvedores de sistemas de TI na construção estão alheios aos benefícios que podem ser explicados e compreendidos pela perspectiva conceitual da construção enxuta, como por exemplo, fluxo puxado de produção, projeto do sistema de produção para redução do tamanho de lotes, eliminação de desperdícios, e desobstrução do fluxo de dados e transparência (SACKS; GEHBAUER, 2010).

O grau de sucesso nas implementações de TI na construção está propenso a ser maior quando os sistemas de informação são parte de uma estratégia consciente orientada ao pensamento enxuto (SACKS; GEHBAUER, 2010). Segundo Dave *et al.* (2008), diversas iniciativas de implantação de TIC na indústria da construção civil não consideraram holisticamente os processos de construção, obtendo assim, apenas um sucesso parcial.

De acordo com Koskela e Dave (2008), a aplicação dos conceitos de *Lean manufacturing* juntamente com a implementação da TI pode aumentar cerca de 20% a produtividade na construção, enquanto que a implementação isolada de TI traz apenas 2% e boas práticas de gestão, 8%

no aumento da produtividade.

A partir dessas informações, uma equipe de engenheiros de uma construtora de Fortaleza (CE) desenvolveu um sistema informatizado de distribuição e nivelamento do trabalho para manipuladoras telescópicas, visando solucionar problemas vivenciados no canteiro de obras, como as principais causas de não cumprimento dos pacotes de curto prazo, que são: baixa produtividade da mão de obra e desvios de programação; além de perdas no canteiro: por espera de materiais e limpeza, movimentação, transporte, processamento e superprodução.

O sistema implementado utiliza *tablets* como meio de comunicação móvel das atividades aos operadores no canteiro, mas, além disso, o sistema é baseado em conceitos e ferramentas da construção enxuta, como *heijunka*, *andon* e *kanban*, buscando envolver mais as pessoas do canteiro de obra em processos mais simples e eficientes de abastecimento e limpeza dos blocos de apartamentos.

Para tanto, o objetivo deste artigo é apresentar o sistema informatizado de *heijunka* com uso de *tablets* para gestão das manipuladoras telescópicas de um empreendimento, bem como seus benefícios e dificuldades experimentados pela implementação do sistema.

2. TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A tecnologia da informação é definida como o corpo de conhecimento que lida com a produção, distribuição, armazenagem, gravação, e principalmente, a utilização da informação (RISCHMOLLER; ALARCON, 2005). Os mesmos autores afirmam que existem três principais elementos da TI interligados: pessoas, processos e ferramentas; e que é nessas ligações entre eles onde residem as principais causas para o baixo nível de adoção e subutilização da TI.

A gestão da informação na construção tem se beneficiado com os avanços da tecnologia da informação e comunicação no aumento da velocidade do fluxo de dados, na eficiência e eficácia da comunicação, e reduzindo custos com transferência de dados (CHEN; KAMARA, 2008). Os avanços nos dispositivos móveis a preços acessíveis e o aumento da velocidade de transferência de dados das redes sem fio podem melhorar o gerenciamento das informações no canteiro de obras (CHEN; KAMARA, 2008).

Por meio do aumento do fluxo de dados entre diferentes serviços e equipes, é mais fácil monitorar, controlar e estimar o progresso do empreendimento e conseqüentemente, integrar os processos no canteiro de obra (BOWDEN; THORPE, 2002).

3. CONCEITOS E FERRAMENTAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

A abordagem *Lean* é uma nova maneira de olhar para as perdas que existem em todo sistema de produção e como reduzir ou eliminá-las para melhorar a eficiência do sistema (KOSKELA; DAVE, 2008). Neste trabalho, três

conceitos e ferramentas são utilizados em profundidade, de acordo com as definições do Lean Lexicon (2008):

Heijunka: é o nivelamento do tipo e quantidade de produção em um período fixo de tempo. Ele permite que a produção atenda à demanda do cliente, por meio de lotes, e resulta em diminuição de estoques, custos, mão de obra e tempo de produção.

Andon: é uma ferramenta de gestão visual que resalta o status das operações em uma área por meio de um sinal quando alguma anormalidade ocorrer. Ele pode indicar o status de produção, por exemplo, quantas máquinas estão operando, uma anormalidade, como um problema de qualidade, defeito de ferramentas, entre outros.

Kanban: é um dispositivo sinalizador para autorizar e dar instruções à produção em um sistema puxado. Os cartões *kanban* correspondem a containers de peças, que avisam um processo quanto do que pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.

3.1 Perdas

Perdas são atividades que consomem recursos, mas não criam valor ao cliente (LEI, 2008). Existem dois tipos de perdas: a inevitável às atuais tecnologias e aos recursos de produção, como por exemplo, as atividades de inspeção para garantir a qualidade e segurança; e a perda que não cria valor e pode ser eliminada imediatamente, como exemplo as atividades de transporte ou movimentação entre processos (LEI, 2008).

As perdas visualizadas no canteiro de obra do empreendimento em relação às atividades das manipuladoras telescópicas para o abastecimento e limpeza dos pavimentos são referentes são descritas a seguir, segundo o Lean Lexicon (2008):

Perda por superprodução: produzir mais, antes ou mais rápido do que necessário ao processo seguinte ou cliente.

Perda por espera: operários ociosos devido aos ciclos das máquinas, quebras em equipamentos, peças necessárias que não chegam, entre outras.

Perda por movimentação: operários fazendo movimentos desnecessários, como procurando por peças, ferramentas, documentos, entre outros, durante a execução de uma operação.

Perda por processamento: desempenho de processamento incorreto ou desnecessário. Representa o trabalho de processamento que poderia ser eliminado do processo sem afetar o produto.

Perda por transporte: movimentação de peças e produtos desnecessariamente.

4. MÉTODO DE PESQUISA

4.1 A empresa e o empreendimento

A construtora foi fundada em 1980, e desde então tem construído edifícios residenciais e comerciais em áreas nobres de Fortaleza, Manaus, Natal e Campinas, sempre primando pela qualidade e conforto. No total a empresa já entregou 100 edificações, entre empreendimentos residenciais, comerciais, flats e outros. A empresa possui Programa de Qualidade Total desde 1998, e certificações PBQP-H Nível "A" e ISO 9001/2000 desde 2004.

O empreendimento trata-se de um condomínio resort situado no município de Aquiraz, CE, numa área de 553.545,74 m². A obra iniciou em 2010 e tem prazo de 10 anos. Neste período será construída uma extensa área de lazer, com piscinas, churrasqueiras, campos de golfe, quadras, entre outros, mais, 82 casas e 99 blocos de apartamentos de duas ou três suítes. Na Figura 1, estão apresentadas imagens do empreendimento.

Figura 1- Implantação do empreendimento e perspectiva de um bloco de apartamentos tipo A.



Fonte: Empresa Construtora.

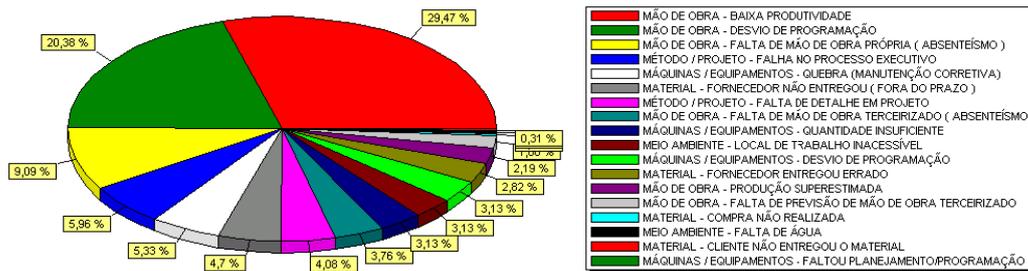
4.2 Descrições das Atividades

As atividades para o desenvolvimento do sistema informatizado de *heijunka* contemplaram as seguintes etapas:

1. Treinamento Lean: aulas sobre conceitos de *kanban*, *heijunka*, *andon*, *Just In Time*, fluxos físicos, produção puxada, TFV (Transformação, Fluxo e Valor), perdas, entre outros, foram ministradas por consultores. O treinamento permitiu à equipe de engenheiros identificar problemas no sistema de produção e possíveis soluções.

2. Reconhecimento de um problema real: com base nos conceitos de perdas a equipe de engenheiros da obra conseguiu identificar ociosidade de máquinas e espera das equipes por materiais e limpeza dos pavimentos (perda por espera), longas distâncias percorridas no transporte de materiais (perda por transporte), deslocamento de entulho nos pavimentos para abrir espaço de trabalho (perda por movimentação e processamento), longo tempo de *set-up* das máquinas para diversas trocas de pás para transporte de diferentes tipos de materiais ao longo do dia. Além disso, o gráfico de causas de não cumprimento dos pacotes do curto prazo, visualizado na Figura 2, mostrou que as principais causas são: baixa produtividade da mão de obra e desvio de programação das atividades.

Figura 2- Gráfico de causa de não cumprimento dos pacotes das semanas 38 a 41.



Fonte: Sistema de PCP da Empresa Construtora.

Esses problemas incentivaram a elaboração do sistema de *heijunka* para os operadores das manipuladoras telescópicas e a necessidade de se utilizar um dispositivo móvel – *tablet* – como *kanban* para vencer as grandes distâncias do canteiro de obra.

3. Desenvolvimento do sistema: esta etapa contemplou as definições de escopo do sistema, sua programação em linguagem Delphi, compra de *tablets*, instalação de redes sem fio pelo canteiro. Foi definido que o sistema de *heijunka* nos *tablets* estaria conectado ao sistema principal *Lean*, o qual dá suporte ao PCP da obra, e nele seria inserida a programação das atividades das máquinas na véspera da sua execução. O sistema, então, distribuiria entre as máquinas as tarefas seguindo uma prioridade dos serviços e a proximidade das máquinas aos locais de trabalho. Também avisaria aos engenheiros, com sinal sonoro (*andon*), sobre a ociosidade delas.

4. Testes e melhorias: durante um mês o sistema foi testado em duas manipuladoras do empreendimento, e importantes melhorias foram percebidas e implementadas. Esta fase foi imprescindível para transparecer outros problemas que aconteciam no canteiro e novas ferramentas tiveram que complementar o sistema de *heijunka*, como por exemplo, os cartões *kanban* e uma equipe de abastecimento.

5. Consolidação: após a etapa de teste, o sistema de *heijunka* começou a rodar em definitivo, assim, o mesmo foi avaliado e se aferiu os resultados por meio de indicadores de produtividade das equipes.

Fez-se uma avaliação das perdas no canteiro, como redução da distância percorrida pelas máquinas, da ociosidade das mesmas e da espera das equipes por materiais, aumento do compromisso dos encarregados com a realização da programação diária dos serviços, entre outros.

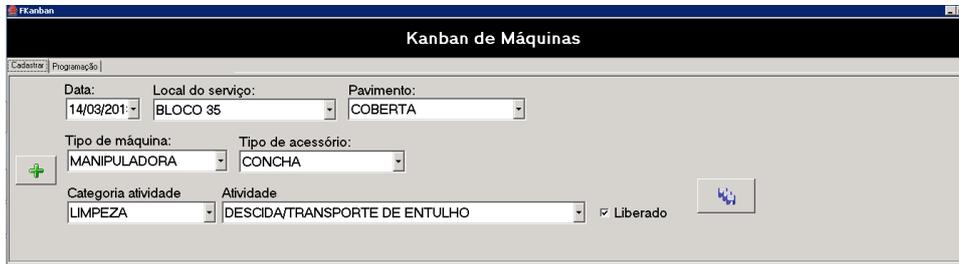
5. DESENVOLVIMENTO

5.1 O sistema

Diariamente, um técnico de edificações coleta a programação das atividades dos encarregados e terceirizados em relação a abastecimento dos lotes de produção que executarão no dia seguinte. O técnico, então, cadastra no sistema central de PCP da construtora as atividades e

quantidades de material que os operadores das manipuladoras deverão transportar (Figura 3). Essas atividades podem variar entre 5 graus de prioridades, como mostra o Quadro 4.

Figura 3- Sistema central onde são cadastradas as atividades das manipuladoras.



Fonte: Sistema de PCP da Empresa Construtora.

Quadro 4: Graus de prioridade das atividades.

Atividades	Prioridades
Concreto	1
Emergência	2
Estrutura	3
Acabamento	4
Limpeza	5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cada bloco de apartamentos tem suas coordenadas geográficas gravadas no sistema. Assim, na primeira atividade das manipuladoras no dia seguinte, o sistema distribui as máquinas para executarem as atividades de prioridade 1, nas maiores distâncias possíveis entre os blocos, com o intuito de espalhar as manipuladoras pelo canteiro. Nas atividades seguintes, o sistema considera a máquina mais próxima ao bloco de apartamentos que terá uma atividade com alta prioridade de execução, diminuindo assim, as distâncias de deslocamento das manipuladoras. A área de abrangência da rede sem fio e o passo a passo da transmissão de dados são apresentados na Figura 5.

Figura 5- Passo a passo da transmissão de informações e área de abrangência da rede sem fio no canteiro.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema indica no *tablet* de cada operador a atividade a ser feita,

funcionando como um *kanban* (Figura 6). Para isso, o operador executa tal atividade, e ao finalizá-la, indica sua disponibilidade ao clicar em “Terminei”. Em seguida, o sistema sinaliza a próxima atividade a ser executada.

Figura 6- operador indicando sua disponibilidade no *tablet* após executar uma atividade programada para manipuladora 2.



Fonte: Arquivo e Sistema de PCP da Empresa Construtora.

Quando ocorre uma parada da manipuladora ou algum atraso em uma atividade, e por consequência, espera na atividade seguinte, é sinalizada sonora e visualmente a paralisação aos engenheiros em uma TV no escritório da obra, como um *andon* (Figura 7).

Figura 7- *Andon* sonoro e visual das manipuladoras paralisadas.



Fonte: Arquivo da Empresa Construtora.

Se durante o dia aparecer uma atividade com prioridade 1 (alta), o operador receberá uma ordem no seu *tablet* para parar imediatamente a atividade que está realizando e iniciar a seguinte.

Toda a programação das atividades das manipuladoras fica registrada no sistema, o qual acusa o *status* em tempo real das mesmas (Figura 8).

Figura 8- Programação e *status* das atividades das manipuladoras.

Kanban de Máquinas										
Cadastrar Programação										
maio de 2013 dim seg ter qua qui sex sáb 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 Hoje: 13/03/2013		-Selecione a categoria de máquina: MANIPULADORA		Liberar		Atualizar		Exportar		
Programação	Tipo de Máquina	Atividade	Local	Pos	Status	Prioridade	Hora Inicio	Hora fim	Libretd	Máquina
	MANIPULADORA	TRANSPORTE DA MASSA DA BETONEIRA	BLOCO 66	1º PAVIMENTO	FINALIZADO	1	08:38	09:03	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	TRANSPORTE DA MASSA DA BETONEIRA	BLOCO 63	COBERTA	FINALIZADO	1	09:07	10:32	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	TRANSPORTE DA MASSA DA BETONEIRA	BLOCO 61	COBERTA	FINALIZADO	1	12:42	13:32	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	CONCRETO MAGRO DAS SAPATAS	BLOCO 22	SAPATAS	FINALIZADO	1	14:55	16:49	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	LIMPEZA DA LAJE (URGENCIA)	BLOCO 15	COBERTURA	FINALIZADO	2	07:01	08:58	SIM	MANIPULADORA 2
	MANIPULADORA	LIMPEZA DA LAJE (URGENCIA)	BLOCO 15	COBERTURA	FINALIZADO	2	07:44	08:03	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ABASTECIMENTO PAVIMENTO COMPLETO	BLOCO 28	1º PAVIMENTO	FINALIZADO	2	12:49	15:09	SIM	MANIPULADORA 2
	MANIPULADORA	DESCARREGAR ARGAMASSA	BLOCO 32	TÉRREO	FINALIZADO	2	15:27	16:38	SIM	MANIPULADORA 2
	MANIPULADORA	DESCARREGAR ARGAMASSA	BLOCO 32	COBERTURA	FINALIZADO	2	12:58	14:47	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ABASTECIMENTO DE CAXAS E TAPA NERVURA	BLOCO 18	TÉRREO	FINALIZADO	3	09:09	09:11	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ABASTECIMENTO DE CAXAS E TAPA NERVURA	BLOCO 68	1º PAVIMENTO	FINALIZADO	3	08:03	08:54	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ABASTECIMENTO DE CAXAS E TAPA NERVURA	BLOCO 34	COBERTURA	FINALIZADO	3	09:03	09:07	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	ELEVAÇÃO DOS FERROS	BLOCO 26	TÉRREO	FINALIZADO	3	07:21	07:30	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ELEVAÇÃO DOS FERROS	BLOCO 42	TÉRREO	FINALIZADO	3	14:02	14:20	SIM	MANIPULADORA 3
	MANIPULADORA	ELEVAÇÃO DOS FERROS	BLOCO 69	1º PAVIMENTO	FINALIZADO	3	08:54	09:01	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ELEVAÇÃO DOS FERROS	BLOCO 67	TOPO	FINALIZADO	3	09:01	09:09	SIM	MANIPULADORA 1
	MANIPULADORA	ELEVAÇÃO DOS FERROS	BLOCO 22	SAPATAS	FINALIZADO	3	09:16	09:27	SIM	MANIPULADORA 1

Fonte: Sistema de PCP da Empresa Construtora.

5.2 Fase de Testes e Melhorias

A fase de teste durou aproximadamente um mês. Neste período, diversos problemas surgiram e soluções foram implantadas. O sistema de *heijunka* por si só não foi capaz de resolver os diversos pedidos por materiais de forma não organizada. As equipes se programavam mal, a insatisfação crescia, e a baixa produtividade por falta de materiais continuava.

Então, uma equipe de abastecimento e limpeza foi criada com serventes, ajudantes e um estagiário coordenando-a. Sua função era seguir as atividades do plano de curto prazo, programando o abastecimento dos pavimentos dois dias antes das atividades iniciarem. Assim, os operários apenas entrariam no pavimento para executar sua atividade, sem se preocuparem em solicitar materiais ou recolhimento de entulho quando finalizada atividade.

Além disso, a equipe de abastecimento elaborou *kits* com os tipos de insumos necessários, na quantidade necessária para serem transportados na hora necessária, a fim de abastecer os pavimentos uma só vez, e evitar as diversas idas das manipuladoras ao mesmo lote de produção com a quantidade insuficiente de materiais para conclusão do serviço.

Outra necessidade que surgiu foi o uso dos cartões *kanban*, pois, como cada equipe apresenta variação na quantidade de insumos utilizados em uma atividade, os cartões *kanban* serviram como forma dos operários solicitarem materiais ou limpeza de maneira pontual e em poucas quantidades, apenas para completarem o serviço. Os cartões foram desenvolvidos primeiramente para atividade de alvenaria, contendo neles os possíveis insumos e atividade de limpeza, como mostra a Figura 9.

Figura 9- Cartões *kanban* utilizados em complemento ao sistema de *heijunka*.



Fonte: Arquivo da Empresa Construtora.

6. RESULTADOS DA CONSOLIDAÇÃO DO SISTEMA

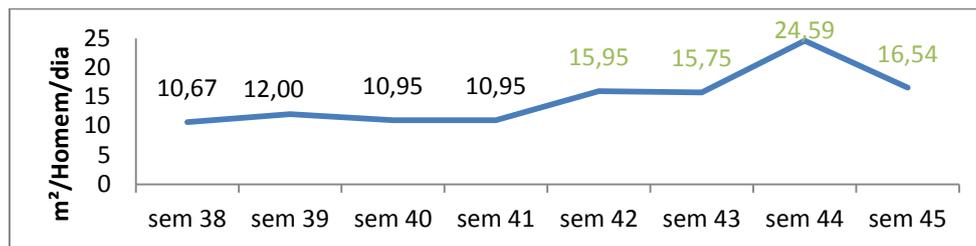
6.1 Melhorias Percebidas

A falta de formalização e transparência da programação das atividades que eram transmitidas pelos mestres aos operadores das manipuladoras facilitavam os desvios de programação e a ociosidade das máquinas, o que tinha um efeito direto na produtividade das equipes.

A formalização da programação das atividades, o aumento da transparência das informações e o controle dos serviços no canteiro foram os principais benefícios obtidos pelo sistema.

Após um mês de implantação do sistema de *heijunka*, algumas melhorias já foram percebidas. Primeiramente, o indicador de produtividade das equipes subiu aproximadamente 50% já nas duas primeiras semanas em que o sistema rodou por completo (semanas 42 e 43), em seguida, na semana 44, alcançou o pico de 124% de aumento da produtividade (Figura 10).

Figura 10- Produtividade da mão de obra antes e depois do uso do sistema de *heijunka*.



Fonte: elaborado pelos autores.

Com o uso dos *tablets* para autorizar a execução das atividades, os desvios de programação que vinham acontecendo por parte dos mestres decaiu. Os operadores das manipuladoras relataram que apesar das tentativas, eles seguem a programação dos *tablets*.

Outra melhoria percebida em relação às perdas no canteiro foi a diminuição do número de vezes em que a manipuladora abastecia um pavimento para uma mesma atividade. Antes, as máquinas realizavam mais de 15 viagens com lotes pequenos de materiais para atividade de alvenaria. Atualmente, são apenas duas viagens, uma com a equipe de abastecimento dos *kits* e outra, para recolhimento dos entulhos. Assim, as perdas por transporte e movimentação foram reduzidas.

A equipe de abastecimento passou a exigir dos operários que deixassem o local de trabalho limpo para a distribuição dos materiais antes do início das atividades seguintes. Assim, os pavimentos ficaram mais organizados e cessaram as paradas das equipes para limpar e organizar o local de trabalho na tentativa de ter espaço para execução dos serviços (Figura 11).

Figura 11- Pavimento antes e depois da implantação do sistema *heijunka*.



Antes



Depois

Fonte: arquivo da Empresa Construtora.

Esse procedimento possibilitou também, a redução de espera de materiais por parte das equipes, que passaram a se responsabilizarem pelas solicitações do faltante de insumos por meio dos cartões *kanban*.

Outra melhoria foi a diminuição da ociosidade das máquinas: o *andon* alarmou apenas duas vezes em um mês. Anteriormente à implantação do sistema, as manipuladoras paradas eram vistas pelo canteiro, mas sem aferir exatamente o tempo.

Como apenas as atividades de limpeza utilizam a concha para transportar materiais, sendo que as demais utilizam o garfo, o tempo de *set-up* (troca de peça) diminuiu, ocorrendo uma vez ao dia, pois as atividades de limpeza são as últimas a serem executadas devido à baixa prioridade (nível 5).

6.2 Dificuldades durante a implementação

Mesmo após a implantação do sistema de *heijunka*, os mestres tentam desviar a programação das máquinas para outras atividades, pois eram eles que programavam a compra de materiais classe III, baseados em estimativas de quantidade de material.

Ainda existe programação pedida em cima da hora, ou até esquecida. Há certa dificuldade dos operários solicitarem insumos com dois dias de antecedência.

Para que o abastecimento ocorra sem interrupções, as equipes devem efetuar a limpeza dos pavimentos quando finalizarem uma atividade e respeitarem os locais exatos para descarregamento e armazenamento dos materiais. É imprescindível a utilização de kits com tipos e quantidades certas de materiais por pavimento para seu abastecimento de uma só vez.

7. CONCLUSÕES

O sistema informatizado de *heijunka* para manipuladoras obteve diversos benefícios para o gerenciamento do abastecimento dos blocos de apartamentos no canteiro de obras, pois aumentou a transparência das informações relativas à programação das atividades, a qual proporcionou a redução de diversos tipos de perdas no canteiro e dos desvios de programação, e o aumento da produtividade no serviço de alvenaria.

Além disso, apenas a aplicação isolada do sistema se mostrou insuficiente para organizar o abastecimento do canteiro. Por isso, foi necessária a criação de uma equipe de abastecimento e o uso de cartões *kanban* pelos operários em complemento ao sistema.

A partir do momento em que as equipes obtiveram autonomia em solicitar faltantes de insumos para conclusão das atividades, a responsabilidade e o senso de participação dos operários no planejamento aumentaram, mas para isso, um trabalho de conscientização na nova forma de gestão da obra e um programa de incentivo por produção foi desenvolvido pela equipe de engenheiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à diretoria da Construtora Colmeia pela oportunidade de desenvolver o trabalho e aos colaboradores do empreendimento Golf Ville pela vontade e esforço nas implementações *Lean* e no desenvolvimento do sistema.

REFERÊNCIAS

BOWDEN; THORPE. **Proceedings of ICE - Civil Engineering**, 150, Pages 38–44, Paper 12989, November, 2002.

CHEN, Y.; KAMARA, J. M. Using mobile computing for construction site information management. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 15, n. 1, p. 7–20, 2008. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/09699980810842034>>. Acesso em: 23/7/2012.

DAVE, B.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M.; BERTELSEN, S. A Critical Look at Integrating People, Process and Information Systems within the Construction Sector. In: Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. **Anais...** p.795–808, 2008.

KOSKELA, L. DAVE, B. Process and IT. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v.8, n4, 244-249, 2008.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Lean Lexicon**. 2008.

LÖFGREN, A. **Mobile Computing and Project Communication - mixing oil and water ?**, 2006.

NASCIMENTO, L.A. do; SANTOS, E.T. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na indústria da construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDÍFÍCIOS, 2., 2002, PORTO ALEGRE. **Anais...**Porto Alegre, 2002.

PASCOE, Jason, RYAN, N., MORSE, D.. Human–computer–giraffe interaction: HCI in the Field, **Proceedings of the First 511Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices**, 1998.

RISCHMOLLER,L.; ALARCÓN, L.F. Using lean principles as a framework to study information technology in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction,13., Sydney, 2005.**Proceedings...**Sydney:IGLC, 2005.

SACKS, Rafael; GEHBAUER, Fritz. **ENABLING LEAN WITH IT**. Disponível em: <www.iglc.net>. Acesso em: 19 out. 2010.

SANTACRUZ, A. L. **Directrices para la planificación de la arquitectura de informaciones de empresas constructoras**. Curitiba, 2002. 137 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná.