



SIBRAGEC 2013

8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção
Inovação e Sustentabilidade

Salvador-BA, Brasil / 18 a 20 de novembro de 2013

IMPLEMENTAÇÃO DE CONSTRUÇÃO ENXUTA EM UM ANO EM UM PROJETO DE CONSTRUÇÃO

BARBOSA, George (1); ANDRADE, Fabíola (2); BIOTTO, Clarissa (3); MOTA, Bruno (4)

(1) Construtora Colmeia, Fortaleza – george.barbosa@colmeia.com.br

(2) Construtora Colmeia, Fortaleza – fabiola@colmeia.com.br

(3) SIPPRO – Consultoria Lean – clarissa.biotto@sipropro.eng.br

(4) SIPPRO – Consultoria Lean – bruno.mota@sipropro.eng.br

RESUMO

Não é fácil mudar a cultura de uma construtora para adotar uma diferente filosofia de produção, como a Construção Enxuta. No entanto, através de grande desejo de diretores e engenheiros e principalmente, pela necessidade de gerenciar um grande empreendimento na zona metropolitana de Fortaleza (CE), um plano para implementar a Construção Enxuta foi desenvolvido. Esta obra piloto inclui a construção de 1.534 apartamentos, distribuídos em 99 blocos, mais 82 casas, e áreas de lazer com piscinas e campos de golfe, totalizando 55 hectares de extensão, com duração prevista para 10 anos. O objetivo principal deste artigo é apresentar com foco prático, o processo de implementação de diferentes conceitos, ferramentas e técnicas da Construção Enxuta, e discutir os benefícios alcançados em apenas um ano. A construtora não tinha conhecimento prévio sobre os conceitos, e seguiu consultoria especializada e aulas regulares sobre o tema. A implementação iniciou-se pelo Projeto do Sistema de Produção (PSP), em seguida, pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) utilizando o Sistema Last Planner. Também foi desenvolvido um sistema em Delphi para gerenciamento da produção, contendo os planos de longo, médio e curto prazo, informações sobre disponibilidade das equipes, controles de produtividade, qualidade, segurança e personalização de apartamentos. As informações de controle da produção são geradas em tempo real, com auxílio de tablets para verificação dos serviços no local de trabalho. Os resultados alcançados tangem a estabilização do fluxo de trabalho, melhoria no uso de recursos, aumento da confiabilidade e transparência, e diminuição do trabalho em progresso. Atualmente, o empreendimento está sendo executado no prazo e no orçamento planejados, e o diretor da empresa decidiu implementar a Construção Enxuta em outras obras da construtora.

Palavras-chave: implementação, construção enxuta, projeto do sistema de produção, Sistema *Last Planner*.

ABSTRACT

It's not easy to change the culture of a company to adopt a different production philosophy, like Lean Construction. However, through great desire of directors and engineers and the necessity to manage a large project in the urban area of Fortaleza, Brazil, a plan to implement Lean Construction was developed and implemented. The project includes the construction of 1534 apartments, distributed in 99 blocks, plus 82 houses, swimming pools and golf fields, totaling an area of 55 hectares, within a planned duration for 10 years. The main goal of this paper is to present with a practical view, the process of implementation of different lean construction concepts, tools and techniques, and discusses the benefits achieved in only one year. The construction company had no knowledge about lean concepts before, and followed specialized consulting and regular classes on the topic during one year. During the study, the engineers started the implementation of the production system design and further the production planning and control using the Last Planner System. It was also developed a project management system in Delphi language which contains long, medium and short term plans, availability of crews and control of productivity, safety, quality and customization of the apartment. The system contains real-time information of production control, by the use of tablets to check the services at construction site. The project achieved a more stable workflow and better matching of labor force and other resources, increased plan reliability, decreased the number of emergency requests for resources and work-in-progress. Currently, the project is running on time and on budget, and the company's director has decided to implement Lean Construction in other projects of the company.

Keywords: *implementation, lean construction, production system design, Last Planner System.*

1 INTRODUÇÃO

A Construção Enxuta pode ser entendida como um novo paradigma para o gerenciamento de empreendimentos (BALLARD; HOWELL, 2003). Desde os anos 90, a partir do trabalho pioneiro de Koskela (1992) que adaptou as ideias do Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1989) para a indústria da construção, diversos exemplos de implementação e desenvolvimento deste novo paradigma de gerenciamento da produção foram apresentados em eventos. A abordagem da Construção Enxuta é uma nova forma de olhar para os desperdícios que existem ao longo do sistema produtivo e de como eliminá-los ou reduzi-los para aumentar a eficiência do sistema (KOSKELA; DAVE, 2008).

De acordo com Ohno (1988), a base de um sistema de produção é a estabilidade, que foi alcançada neste projeto devido à implementação do Sistema Last Planner. O Sistema Last Planner é descrito na literatura como uma técnica para o controle da produção que fornece uma

estabilidade básica e cria condições para a introdução de ideias enxutas avançadas (VIANA *et al.*, 2010).

Este artigo, de cunho industrial, apresenta a implementação de diversos conceitos e ferramentas da Construção Enxuta, e seus benefícios alcançados em um projeto de construção civil na zona metropolitana de Fortaleza, Ceará, em apenas um ano. O estudo de caso também se baseou nos trabalhos sobre Construção Enxuta, no que rege o desenvolvimento do Projeto do Sistema de Produção (PSP) (BALLARD *et al.* 2001, SCHRAMM, 2004) que é a primeira tarefa gerencial a ser feita antes do início de qualquer esforço construtivo. Em um sistema enxuto, o sistema de produção procura atingir metas específicas em termos de maximização de valor, minimização de desperdícios, aumento do fluxo contínuo, redução do tempo de ciclo, entre outros (BALLARD *et al.*, 2012).

2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO EMPREENDIMENTO

A construtora foi fundada em 1980 e desde então construiu mais de 100 edificações residenciais e comerciais nas melhores áreas de grandes cidades brasileiras, como Fortaleza, Manaus, Natal e Campinas.

O empreendimento é um condomínio resort localizado na cidade de Aquiraz, Ceará, em uma área de 553.545,74 metros quadrados. Foi iniciado em 2010 e tem uma duração prevista de 10 anos. Neste período, serão construídos 82 casas e 99 blocos de apartamentos, com 14 apartamentos cada, e também uma extensa área de lazer com piscinas, churrasqueiras, campos de golfe e aparelhos esportivos.

3 ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA EM UM ANO

A construção do empreendimento iniciou em janeiro de 2011 e até março de 2012 nenhuma atividade relacionada à Construção Enxuta havia sido feita. Os trabalhos no canteiro passaram pelas fases de movimentação de terra, instalações provisórias e construção de alguns blocos de apartamentos. Todo o planejamento era baseado em uma distribuição físico-financeira determinada pela diretoria da construtora.

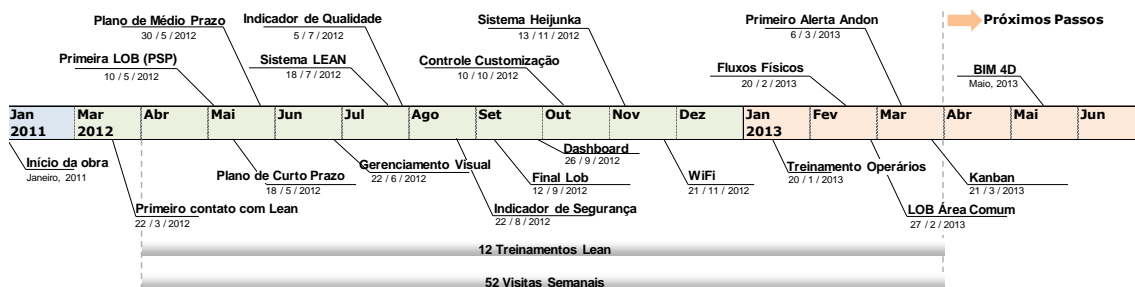
Em março de 2012, a equipe de engenharia teve seu primeiro contato com a Construção Enxuta através de treinamento básico sobre o assunto. Com o desejo de alcançar melhores resultados no empreendimento, e com a expectativa do uso de novas ferramentas e formas de controle, toda a equipe sentiu a necessidade de entender o assunto.

A partir deste momento, treinamentos em vários tópicos de Construção Enxuta foram ministrados por consultores para toda a equipe da obra, que consiste em supervisor, engenheiros, técnicos e estagiários, num total de 15 pessoas. Ao todo, durante um ano, foram realizados 12

treinamentos e mais de 52 visitas dos consultores à obra, para acompanhar, monitorar as implementações, padronizações e propor novas ideias.

Neste estudo de caso, conceitos, ferramentas e técnicas enxutas, como o PSP, Sistema *Last Planner*, Sistemas de Tecnologia da Informação, Gerenciamento Visual, Planejamento de Fluxos Físicos, entre outros, foram implementados ao longo de um ano, como mostra a linha do tempo da Figura 1.

Figura 1- Linha do tempo de implementações de práticas lean em 1 ano



Fonte: Autores

Todas as práticas de Construção Enxuta implementadas na obra seguiram as seguintes etapas:

1. **Treinamentos Lean:** foram ministrados treinamentos mensais pelos consultores sobre: 1. Taylorismo, Fordismo, Sistema Toyota de Produção e Princípios da Construção Enxuta; 2. PCP Hierarquizado, Indicadores e Classificação de Suprimentos; 3. Perdas, Mapofluxograma e MFV (Mapa de Fluxo de Valor); 4. Planejamento de Fluxos Físicos de Canteiro Integrado ao PCP e Gerenciamento Visual; 5. Customização em Massa; 6. Revisão dos Conceitos e Filme “A Meta”; 7. Sustentabilidade e Construção Limpa, Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos e *Lean x Green*; 8. Estratégia e Alinhamento Estratégico; 9. Conceitos Básicos de Saúde e Segurança do Trabalho; 10. *Building Information Modeling* (BIM); 11. Nova Norma de Desempenho, Selo LEED, ACQUA e PROCEL; e, 12. Eventos, Artigos e Revisão Geral.
2. **Primeiras Implementações:** os consultores utilizaram um método inicial de implementação de ferramentas, iniciando pelo PSP e planejamento de longo prazo do empreendimento, passando para o planejamento de curto prazo com seu indicador PPC (Percentual de Pacotes Concluídos), em seguida com o planejamento de médio prazo com o IRR (Índice de Remoção de Restrições), por fim, com o gerenciamento visual dos planos e indicadores. Estes passos iniciais procuraram alcançar a estabilidade da produção, para a partir deste ponto, ser possível a implementação de outras ferramentas *lean* no canteiro.

3. As **demais implementações** passaram por:
 - a. Reconhecimento de um problema real: baseados nos treinamentos nos conceitos de Construção Enxuta, a equipe de engenharia estava apto a identificar problemas no sistema de produção e desenvolver possíveis soluções às suas necessidades mais urgentes;
 - b. Desenvolvimento e Implementação de soluções: a partir das necessidades, soluções eram elaboradas, discutidas e implementadas pela administração da obra e consultores.
4. **Controle e Padronização:** após a implementação, as ferramentas eram controladas pela equipe através de indicadores, e em alguns casos, melhorias eram feitas para estabilizar o fluxo de trabalho. Assim, a nova ferramenta enxuta era padronizada no sistema de produção e novas ideias enxutas eram perseguidas.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

4.1 Abril, Maio e Junho de 2012

As principais atividades e ferramentas para o desenvolvimento do Projeto do Sistema de Produção foram baseadas em Schramm (2004). O escopo das decisões foi a respeito, principalmente, da definição da estratégia de execução, sequência de execução das atividades nos pavimentos, e estudo dos fluxos de trabalho de acordo com a capacidade dos recursos de produção.

Para o estudo dos fluxos de trabalho, a partir de maio de 2012, uma linha de balanço (LOB) foi desenvolvida para os três primeiros serviços da obra (fundação, estrutura e alvenaria). Em setembro do mesmo ano, essa linha de balanço passou por modificações e adição de serviços para ser finalizada. Uma linha de balanço para as áreas comuns foi desenvolvida quase um ano depois, no final de fevereiro de 2013.

O Sistema Last Planner foi implementado ao mesmo tempo em que a linha de balanço estava sendo desenvolvida. Durante quatro meses, os planejamentos de médio e curto prazo foram realizados em planilhas eletrônicas em MsExcel. Nas reuniões de planejamento, os consultores estavam presentes para ajudar a equipe de engenharia a conduzir as reuniões e extrair os indicadores de desempenho, como IRR e PPC.

O gerenciamento visual foi implementado a partir da fixação da linha de balanço no escritório da administração da obra e no refeitório. No escritório também foram expostos os planos de médio e curto prazo e seus principais indicadores. Também foi fixado um quadro magnético com a planta de situação do canteiro contendo os locais de estoques, escritórios, banheiros e bebedouros, e a exibição das atividades em execução. Todas as práticas implementadas nesta fase são apresentadas no quadro 1.

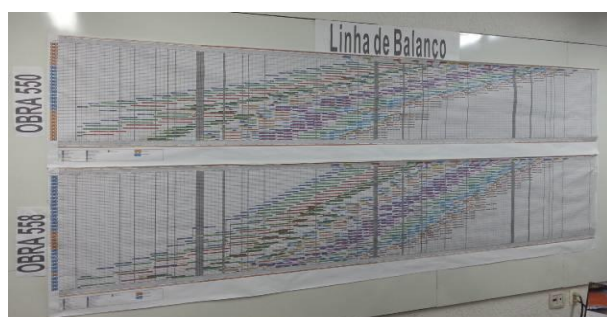
Quadro 1 – Práticas enxutas implementadas

Prática enxuta	Decisões	Ferramentas implementadas
Projeto do Sistema de Produção	Definição da sequência de execução	Rede de precedência
	Estudo dos fluxos de trabalho	Linha de balanço do bloco de apartamento
	Definição da estratégia de execução	Linha de balanço do empreendimento (plano de longo prazo)
	Definição da capacidade dos recursos de produção	Planilha de dimensionamento da capacidade dos recursos de produção
Sistema <i>Last Planner</i>	Planejamento de médio prazo	Planejamento de 12 semanas lista de restrições IRR (índice de remoção de restrições) IRRfp (índice de remoção de restrições fora do prazo)
	Planejamento de curto prazo	Programação semanal Reuniões semanais de planejamento Causas de não cumprimento PPC (percentual de planos concluídos) PPCQ (percentual de planos concluídos com qualidade) PPCS (percentual de planos concluídos com segurança)
Gerenciamento Visual	Localização das instalações temporárias	Quadro magnético
	Transparência das informações sobre desempenho das equipes	Televisores com indicadores e informações
	Transparência das informações sobre planos	Linha de balanço e plano de médio prazo no canteiro

Fonte: Autores

Os principais produtos desta fase são mostrados na Figura 2 que mostra a linha de balanço e o gerenciamento visual pelo quadro magnético.

Figura 2 - Linha de balanço e quadro magnético



Fonte: Autores

4.2 Julho, Agosto e Setembro de 2012

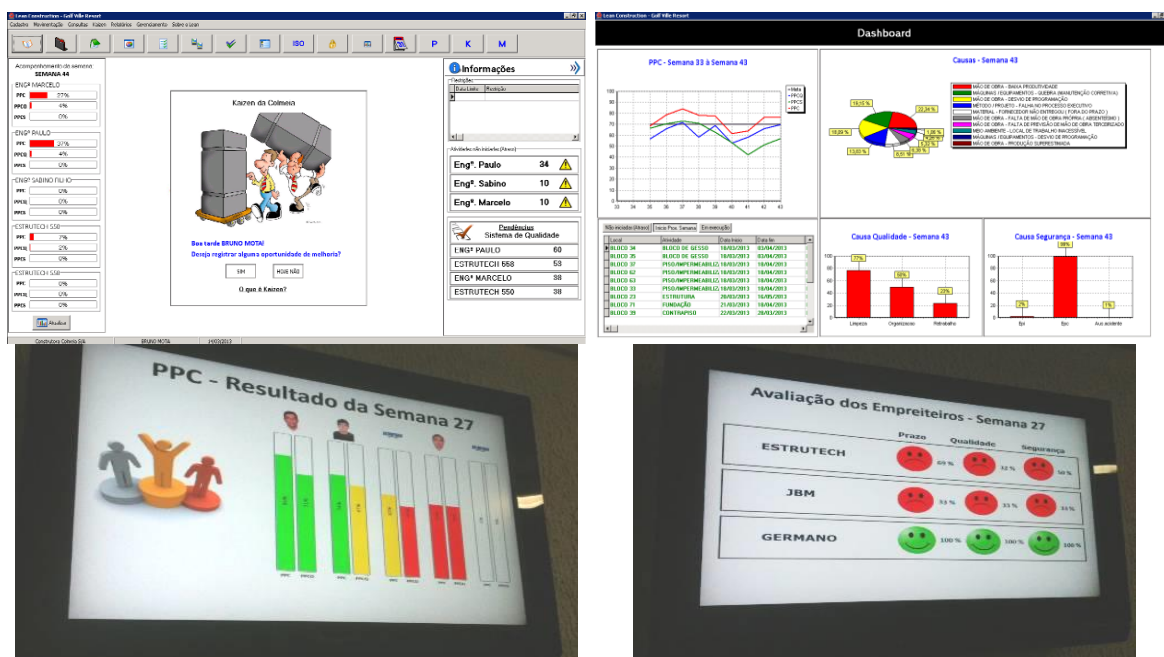
Devido à longa duração do projeto e ao crescente número de atividades no canteiro, surgiu a necessidade de desenvolver um sistema computadorizado capaz de prover mais agilidade e segurança na troca de informações.

Assim, em julho, um sistema computadorizado foi desenvolvido em linguagem Delphi na tentativa de integrar em um banco de dados as informações dos planos de curto, médio e longo prazo. O sistema foi chamado de "LEAN" como identificação dos conceitos nele contidos, bem como das mudanças positivas que estavam ocorrendo no projeto por conta da mudança de filosofia de produção.

A equipe de engenharia passou a usar o sistema para planejar e controlar os serviços, equipes e máquinas. Assim, indicadores de qualidade e segurança também passaram a ser controlados no sistema e atualizados no final de cada serviço.

Em setembro, um painel de controle (*dashboard*) foi criado no sistema, e todos os indicadores foram monitorados em tempo real pela equipe de engenharia. Desta forma, em telas amigáveis, foi possível visualizar diversos indicadores, desde o início da implementação enxuta, como o PPC, PPCQ e PPCS, bem como: ociosidade das equipes, produtividade, causas de não cumprimento, entre outros. O desempenho das equipes próprias e de subcontratados é mostrado em televisores localizados na sala da administração e no refeitório, para transparência e encorajamento à melhoria contínua (Figura 3).

Figura 3 - Telas do "LEAN" e gerenciamento visual nas TV's



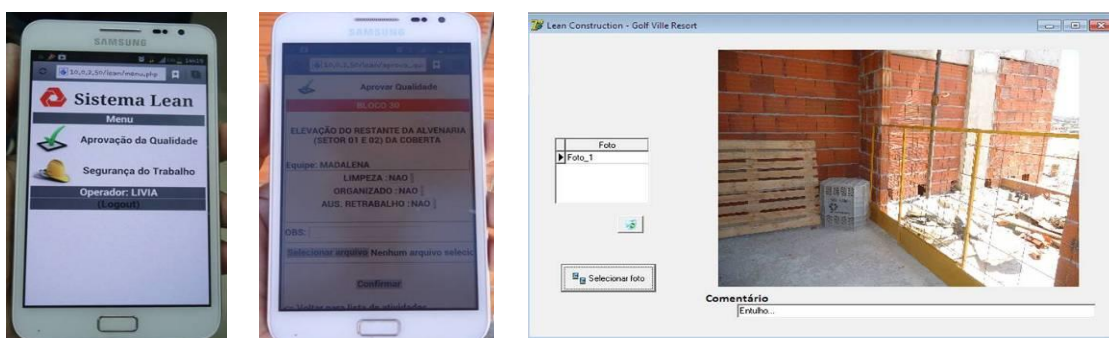
Fonte: Autores

A customização dos apartamentos sempre foi uma preocupação da equipe de engenharia já que causou alguns problemas em outras obras da empresa. Por isso passou a ser planejado e controlado através do “LEAN”. Todas as datas de execução de cada serviço foram passadas ao setor de customização da empresa que criou um plano para lidar com os clientes e evitar a parada dos serviços devido à falta de definição de especificações ou materiais.

4.3 Outubro, Novembro e Dezembro de 2012

Em novembro de 2012, devido ao escopo de trabalho e ao alto número de serviços ocorrendo ao mesmo tempo, teve-se a necessidade de garantir a precisão na medição dos indicadores de cada serviço no canteiro. Para tanto, o controle dos serviços passou a ser feito através de dispositivos móveis, e os dados eram enviados diretamente para o banco de dados do sistema via wi fi (Figura 4).

Figura 4 - Dispositivos móveis para controle de qualidade e segurança



Fonte: Autores

Também em novembro de 2012, devido ao grande movimento de máquinas (manipuladoras) no canteiro e para organização do canteiro e aumento da produtividade das equipes, foi desenvolvido um sistema de Heijunka. O sistema consiste em *tablets* instalados nas máquinas, que a partir de uma programação diária das atividades colocadas em uma ordem de prioridade, avisa ao operador em qual bloco, qual atividade deve ser feita. Se nenhuma atividade for designada ao operador, um alerta sonoro é emitido na sala da administração, funcionando como um *Andon*, avisando a existência de um recurso (máquina) em espera no canteiro. O primeiro alarme tocou em março de 2013. Com o sistema estabilizado, o uso das máquinas estava balanceado. Porém, para situações imprevistas, os operários possuem cartões *Kanban* para a requisição de material faltante (Figura 5).

Figura 5 - Tablet na manipuladora, pavimento com set-up e kanban



Fonte: Autores

4.4 Janeiro, Fevereiro e Março de 2013

Em janeiro de 2013 os operários também participaram de treinamentos para assimilar a nova conduta de trabalho. Para encorajar o uso das novas técnicas e aumentar a produtividade, um prêmio trimestral para a equipe que obtivesse a melhor média nos três principais indicadores (PPC, PPCQ e PPCS) foi instaurado (Figura 6).

Figura 6 – Premiação da equipe com melhor desempenho



Fonte: Autores

Devido à grande extensão do canteiro e à grande movimentação de materiais, foi importante a determinação dos lugares de estoques. Diversos estudos foram feitos sobre fluxos físicos, e com a ajuda dos operários, a equipe de engenharia planejou os fluxos físicos do canteiro e estipulou os locais de estoque de cada material.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

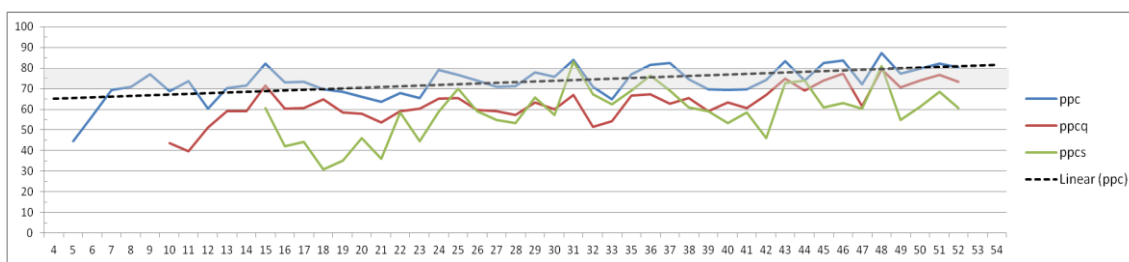
5.1 Melhorias Percebidas

Uma das maiores melhorias percebidas, sem dúvida, foi a implementação dos conceitos de Construção Enxuta. Já que o início da construção foi feito sem qualquer forma de planejamento, pode-se afirmar que, após um ano, existe uma integração no gerenciamento da produção, qualidade, segurança e customização. Além do aumento no

controle dos serviços, resultando em uma maior confiabilidade dos clientes internos e externos no que diz respeito ao produto final.

Alguns indicadores foram coletados para verificar o resultado alcançado com a implementação da Construção Enxuta. O PPC, PPCQ e PPCS tinham uma baixa média e uma grande variação no início. Agora, ocorre entre 70% e 80% e com a linha de tendência crescente (Figura 7).

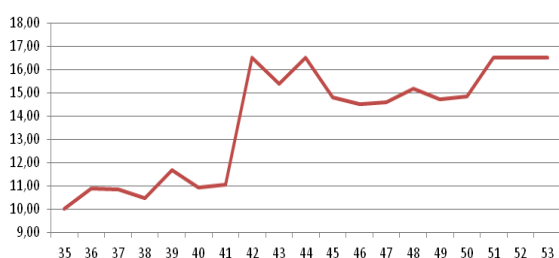
Figura 7 - Evolução do PPC, PPCQ e PPCS



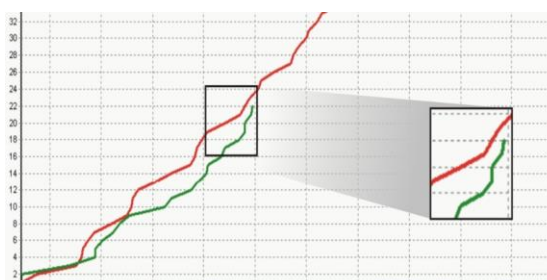
Fonte: Autores

A produtividade também aumentou durante a obra, especialmente após a implementação do Heijunka e do Kanban. A Figura 8 mostra a produtividade média das equipes de alvenaria, partindo de 10m²/homem/dia e alcançando 16,5 m²/homem/dia. O desvio de ritmo também foi monitorado semanalmente para todas as atividades. A Figura 9 mostra o acompanhamento para a alvenaria. No detalhe, o executado está alcançando o planejado.

Figura 8 - Controle de produtividade da alvenaria **Figura 9 - Desvio de ritmo da alvenaria**



Fonte: Autores



Fonte: Autores

Através do gerenciamento visual das informações, aumentaram a transparência e a confiabilidade no trabalho, além de ajudar no relacionamento com os subcontratados, que passaram a ter maior dedicação e comprometimento com as atividades para melhorarem seus indicadores de produção. No mais, com as informações

necessárias em tempo real, o sistema informatizado facilitou a tomada de decisão por parte dos engenheiros.

5.2 Dificuldades

A maior dificuldade para a implementação da construção enxuta foi promover o entendimento dos colaboradores de campo, como mestres e líderes de equipes, a fim de conscientizá-los da importância do cumprimento das programações que eles ajudaram a planejar.

Corroborou com essa dificuldade o fato de que os conceitos foram implementados com a obra em andamento. Desta forma, a introdução de novas ferramentas estava restrita às atividades que estavam ocorrendo na obra e às dificuldades inerentes a um grande projeto.

A dimensão de canteiro foi uma dificuldade inerente ao projeto. O uso de TI e a adaptação de ferramentas foram necessários para vencer grandes distâncias e o alto número de atividades concomitantes.

Além disso, foi necessária adaptação dos funcionários às ferramentas, pois o controle diário das atividades, que antes era feito através de planilhas de MSExcel, passou a ser feito por meio de um sistema computadorizado com novos controles, rotinas e áreas de acesso.

E, apesar do grande número de informações que são coletadas, o processo de tomada de decisão ainda é incerto, pois existe confiança por parte da administração da obra nas promessas dos fornecedores em melhorarem seus desempenhos, mesmo com o constante não cumprimento das mesmas. Assim, não está claro para a equipe de engenharia até que momento manter um fornecedor na obra.

5.3 Próximos Passos

O próximo passo é a implementação de BIM 4D para estudos de fluxos físicos e futuros planos de ataque, pois outras etapas da obra serão lançadas e o canteiro passará por movimentações constantes.

O desenvolvimento de um *Andon* adaptado às dimensões do canteiro também está sendo planejado para que a administração da obra possa ter conhecimento do *status* das atividades correntes.

Também é importante manter o que foi implementado e passar por processos de melhoria contínua. Devido a satisfação dos funcionários e bons resultados obtidos no empreendimento Golf Ville, a empresa deseja expandir a Construção Enxuta em todos seus futuros empreendimentos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresenta o início da jornada enxuta em uma empresa construtora de grande porte em Fortaleza, Ceará. Durante o projeto, os colaboradores e consultores decidiram implementar diferentes

iniciativas baseadas nos conceitos enxutos e buscaram o entendimento das dinâmicas do canteiro de diferentes pontos de vista.

As ferramentas usadas transpareceram aos gerentes e operários mais informações e controle da produção. As iniciativas aumentaram a produtividade das atividades, a confiabilidade, transparência e controle das tarefas.

Os autores compartilharam a experiência adquirida em um ano, para que outras empresas, independente do tamanho, possam se motivar para alcançar os ganhos através da implementação de conceitos e ferramentas enxutas.

REFERÊNCIAS

BALLARD, G.; PICCHI, F.; SACKS, R. **Production System Design**. International Group for Lean Construction, <www.iglc.net> (10/10/ 2012). 2012

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Competing Construction Management Paradigms**. Proceedings of the Construction Research Conference, American Society of Civil Engineers, Honolulu, 43–50. 2003

BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. **Production System Design in Construction**. IGLC, 9, Singapore, 1–15. 2001

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technology, 81. 1992

KOSKELA, L.; DAVE, B. **Process and IT**. Construction Innovation: Information, Process, Management, 8(4), 6. 2008

SCHRAMM, F. **O Projeto do Sistema de Produção na Gestão de empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. UFRGS. 2004

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint**. Productivity Press, 267. 1989

VIANA, D.; MOTA, B.; FORMOSO, C.; ECHEVESTE, M.; PEIXOTO, M.; RODRIGUES, C. **A Survey on The Last Planner System: Impacts and Difficulties for Implementation in Brazilian Companies**. IGLC, 18, Haifa, 497–507. 2010

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à diretoria da Construtora Colmeia, aos colaboradores do empreendimento Golf Ville pela vontade e esforço nas implementações do *Lean Office* e aos consultores da SIPPRO pelas soluções lean.