



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DE EXPERIÊNCIAS DE APLICAÇÃO DO *LEAN THINKING* NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES NO BRASIL

Monique Rieger Rodrigues (1); Flávio Augusto Picchi (2)

(1) Departamento de Arquitetura e Construção – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: moniquerieger@hotmail.com

(2) Departamento de Arquitetura e Construção – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas, Brasil – e-mail: fpicchi@lean.org.br

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo identificar e analisar experiências de aplicação do *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta) na construção civil brasileira, especificamente no setor de edificações, bem como comparar as implementações da nova filosofia realizadas por construtoras brasileiras a partir de estudos já desenvolvidos. Para esta análise, parte-se de uma revisão bibliográfica dos princípios e ferramentas fundamentais do *Lean Thinking*, visando conhecer a aplicação da filosofia como um todo. São levantados, então, alguns casos de aplicação do *Lean Thinking* na construção apresentados em publicações acadêmicas e em revistas especializadas do setor. As experiências de aplicação são então abordadas a fim de se compreender os principais aspectos envolvidos na aplicação da filosofia *lean* na construção civil brasileira, identificando, de modo geral, os seguintes fatores: quais as motivações das empresas construtoras na aplicação do *Lean Thinking*, quais as ferramentas *lean* utilizadas nas implementações e quais os principais benefícios e dificuldades observados ao longo destas implementações. O trabalho apresenta quadros comparativos dos casos abordados, apresentando um panorama geral da utilização da filosofia *lean* no setor da construção civil no Brasil. A pesquisa conclui discutindo as principais motivações das empresas para a adoção da filosofia, as principais ferramentas utilizadas e suas formas de adaptação para a realidade da construção civil e os principais resultados benéficos observados nas aplicações. A compreensão dos aspectos envolvidos na implementação do *Lean Thinking* na construção é importante para identificar oportunidades e lacunas neste processo, promovendo a disseminação desta filosofia de maneira mais produtiva.

Palavras-chave: mentalidade enxuta, construção enxuta, implementação.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Formoso (1999), os dados sobre perdas na construção civil, que englobam tanto desperdícios de materiais quanto o desperdício através da execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor, apontam que as mesmas são bastante elevadas. Tais perdas são consequência de um processo de baixa qualidade, que traz como resultado não só a elevação de custos, mas também um produto final de qualidade deficiente. Segundo o mesmo autor, grandes parcelas destas perdas se tornam previsíveis e evitáveis com a adoção de simples medidas de prevenção, como a introdução de novos métodos e filosofias de gestão.

O conceito *Lean Thinking*¹, introduzido por Womack e Jones em 1992 como resultado de uma pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre produtividade e qualidade em montadoras, vem ganhando força inclusive em setores além da indústria automobilística. Consiste basicamente em uma filosofia gerencial que busca a melhor utilização de recursos em vista da redução de desperdícios. Segundo Womack e Jones (1992), o conceito pode ser entendido como uma generalização do Sistema Toyota de Produção (TPS), que tem como principal fundador Taiichi Ohno (1912-1990). Desde a sua criação, o *Lean Thinking* vem sendo aplicado em diversos setores, com êxito no sentido de reduzir custos, proporcionar qualidade superior aos produtos, gerar *lead times* mais curtos, entre outros.

Essa filosofia de gestão da produção encontrou espaço também na construção civil, a partir do trabalho de Lauri Koskela, em 1992. Segundo Picchi e Granja (2004), apesar das ferramentas *lean* terem sido desenvolvidas no ambiente da manufatura, elas podem ser adaptadas à construção, entretanto, a implementação satisfatória do *Lean Thinking* demanda correta percepção de sua filosofia, sistemas e técnicas envolvidas. No Brasil ainda não existem exemplos de implementação total do *Lean Thinking* na construção, sendo que as implementações realizadas até o momento apresentam, em sua maioria, aplicações isoladas de alguns elementos de gestão.

Dentro do contexto acima mencionado, desenvolveu-se o presente estudo, que, baseado em publicações acadêmicas anteriores, discute os principais fatores envolvidos na aplicação da filosofia na construção civil brasileira, contribuindo para a melhor compreensão dos aspectos envolvidos na implementação do *Lean Thinking*.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. *Lean Thinking*

O *Lean Thinking* pode ser interpretado como a generalização do Sistema Toyota de Produção (WOMACK; JONES, 1992), consistindo em um método racional de fabricar produtos que objetiva a eliminação de elementos desnecessários na produção, com o propósito de reduzir desperdícios e criar valor. Segundo Womack e Jones (1996), o pensamento é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam. Com essa finalidade, emprega a produção enxuta equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir imensos volumes de produtos de ampla variedade. Segundo Womack e Jones (1992), alguns dos benefícios imediatos advindos da implantação do *Lean Thinking* podem ser representados pelo aumento da produtividade da mão de obra, a redução de *lead times*, a diminuição de estoques, a redução de erros e acidentes de trabalho e a possibilidade de aumento da variedade dos produtos, sendo o custo financeiro necessário para esta implantação muito pequeno, já que o investimento se dá primordialmente por meio de treinamento de pessoas e mudança de sistemas.

Womack e Jones (1996) definem o *Lean Thinking* a partir de cinco princípios fundamentais, que funcionam como guias para a sua implementação: valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição.

¹ São utilizados no presente trabalho os termos em inglês *lean* e *Lean Thinking*, já largamente difundidos, evitando a tradução para enxuto e Mentalidade Enxuta, os quais podem trazer confusões de interpretação.

- Valor: É o ponto de partida inicial para o *Lean Thinking*. É definido em termos de um produto específico que atenda às necessidades do cliente. O julgamento do cliente reflete em seu preço de venda e demanda de mercado (LEI, 2003). Sendo assim, o valor só pode ser definido pelo cliente final.

- Fluxo de Valor: Representa o conjunto de ações exigidas ao longo da cadeia produtiva, desde a matéria-prima até o produto acabado (LEI, 2003). A análise da cadeia de valor aponta à ocorrência de três tipos de ação ao longo de sua extensão: etapas que criam valor, outras que não criam valor, porém são necessárias no processo de produção, e muitas etapas adicionais que não criam valor algum e devem ser eliminadas.

- Fluxo Contínuo: Consiste em produzir e movimentar um item por vez ao longo de uma série de etapas de processamento, sendo que em cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. O fluxo contínuo faz com que as etapas que criam valor fluam ao longo do processo (LEI, 2003).

- Produção Puxada: A capacidade de projetar, programar e fabricar o que o cliente quer quando o cliente quer significa que se pode deixar que o cliente puxe o produto, quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente (WOMACK; JONES, 1996). Neste método de controle da produção, as atividades fluxo abaixo avisam às atividades fluxo acima sobre suas necessidades, eliminando a produção em excesso (LEI, 2003).

- Perfeição: Ocorre quando um processo fornece puro valor, conforme definido pelo cliente, sem qualquer tipo de desperdício (LEI, 2003). Segundo Womack e Jones (1996), a busca pela perfeição tem um papel importante à medida que, após as implementações dos outros princípios, as empresas percebem que o esforço para a redução de tempo, espaço, custos e erros é enorme. Paradoxalmente, Womack e Jones (1996) afirmam que não existe perfeição: assim que uma melhoria é introduzida, alcançando a eliminação de desperdícios, pode-se iniciar novamente o esforço de eliminar outros desperdícios.

2.2. *Lean Thinking* Aplicado à Construção Civil

Segundo Womack e Jones (1992) os princípios do *Lean Thinking* podem ser aplicados a qualquer atividade, levando sempre a resultados significativos. No ambiente da construção civil, a aplicação do *Lean Thinking* também vem sendo estudada, principalmente por um grupo de pesquisadores e profissionais que compõe o Grupo Internacional pela Construção Enxuta² (IGLC).

Segundo Picchi (2003), apesar das grandes diferenças existentes entre a indústria manufatureira, onde estas ferramentas foram desenvolvidas, e a construção civil, verifica-se grandes possibilidades de aplicação da nova mentalidade neste setor. Os benefícios advindos desta filosofia de produção em termos de produtividade, qualidade e outros indicadores são suficientes para garantir uma rápida difusão dos novos princípios.

Segundo Koskela (1992), existem inúmeros problemas ligados à construção civil que tornam a sua produtividade inferior à produtividade da indústria de manufatura, tais como a segurança ocupacional na construção, que é notoriamente inferior a de outras indústrias, e as piores condições de trabalho, que levam muitas vezes à contratação de mão de obra desqualificada. Tais fatores prejudicam a qualidade da construção, tornando-a insuficiente. Ainda de acordo com Koskela (1992), o alto índice de desperdícios na construção civil é criado principalmente pelo retrabalho, devido a erros de projeto ou execução, e por atividades não agregadoras de valor no fluxo de materiais, tais como espera, movimentação, inspeção, duplicação de atividades e ocorrência de acidentes.

De modo geral, no Brasil a difusão da nova filosofia no setor da construção está limitada a casos de aplicação nos canteiros de obra de algumas ferramentas *lean*, via de regra, de maneira pouco integrada e à aplicação dos princípios em indústrias de elementos pré-fabricados para construção.

Uma discussão detalhada feita por Picchi (2003) aponta que os esforços na aplicação do *lean* na construção realizados até o momento estão concentrados no fluxo de obra, seguido pelo fluxo de projeto e fluxo de suprimentos, e principalmente relacionados a elementos de fluxo e produção

² Grupo Internacional para a Construção Enxuta. Acesso em < <http://www.iglc.net> >

puxada. Segundo Bulhões (2009), a Linha de Balanço e o Sistema *Last planner* são duas ferramentas *lean* que vêm sendo utilizadas com sucesso no planejamento e controle da produção na construção civil, por empresas envolvidas na implementação de idéias do *Lean Thinking* neste setor.

Implementações *lean* são usualmente muito fragmentadas. Segundo Picchi (2003), estas aplicações piloto são importantes para evidenciar a possibilidade de utilização das ferramentas *lean* desenvolvidas no ambiente de manufatura, com as devidas adaptações, na construção. Entretanto, resultados mais significativos poderão ser obtidos a partir de aplicações mais abrangentes e integradas.

3. FERRAMENTAS DO LEAN THINKING

Ao longo do estudo do *Lean Thinking*, diversos autores criaram um conjunto de ferramentas específicas visando operacionalizar os princípios desta filosofia. As ferramentas mais observadas ao longo deste trabalho são:

- Mapeamento do Fluxo de Valor: Consiste em um diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, seguindo o caminho de um produto ao longo de toda a cadeia produtiva (ROTHER; SHOOK, 1999 *apud* LEI, 2003). O objetivo principal da aplicação desta ferramenta é identificar a ocorrência de desperdícios e procurar eliminá-los por meio de um projeto do estado futuro do sistema, no qual estarão adotados o fluxo contínuo e a produção puxada.

- *Last planner*: O sistema é focado em dois níveis de planejamento, o de médio prazo, no qual é realizada a identificação e a remoção de restrições, e o de curto prazo, que orienta diretamente a execução da obra (BALLARD, 2000 *apud* BULHÕES, 2009).

- Linha de Balanço: Consiste em um gráfico aplicável a obras de caráter repetitivo. As atividades são representadas por um diagrama de espaço e tempo, sendo que no eixo vertical se situam as unidades repetitivas e no horizontal, o tempo. Tem como função principal possibilitar a visualização da movimentação das equipes de trabalho ao longo das várias unidades (SARRAJ, 1990 *apud* BULHÕES, 2009).

- *Kanban*: É um sinalizador, constituído por cartões, luzes ou demarcações, que controla os fluxos de produção, autorizando e dando instruções para a produção ou para a retirada de itens de um sistema puxado (LEI, 2003).

- Arranjo Físico Celular: Localização de etapas de processamento para um produto similar a outro, de modo que possam ser processados em fluxo próximo de contínuo, mantidos ao longo da sequência completa de processamento (LEI, 2003).

4. OBJETIVOS

O trabalho visa levantar e analisar experiências de aplicação do *Lean Thinking* na construção civil brasileira, especificamente no setor de edificações, bem como comparar as implementações da nova filosofia realizadas por construtoras brasileiras a partir de estudos já desenvolvidos. Pretende-se identificar as principais motivações, ferramentas utilizadas, benefícios advindos, e dificuldades destas implantações.

5. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado a partir de levantamento bibliográfico, abordando o conceito *Lean Thinking* e a sua aplicabilidade na construção civil, por meio da pesquisa de efetivos casos de aplicação no setor de edificações.

Foram elaborados quadros comparativos das aplicações levantadas na bibliografia visando elucidar os seguintes questionamentos: quais as motivações para a aplicação da filosofia, as ferramentas empregadas, os benefícios e as dificuldades observados ao longo das implementações.

O levantamento foi realizado nas bibliotecas da Universidade Estadual de Campinas, da Universidade de São Paulo e do Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo, nos portais do Grupo Internacional pela Construção Enxuta (IGLC) e do Centro de Referência e Informação em

Habitação³ (INFOHAB), em diversos bancos de teses mantidos por universidades federais e estaduais, em revistas especializadas no setor da construção civil e na ferramenta de busca Google Acadêmico.

O estudo foi realizado entre março de 2009 e julho de 2010, período em que foram consultadas diversas publicações e dentre elas selecionadas trinta e duas para a apresentação do efetivo estudo dos casos de aplicação.

6. DADOS COLETADOS

Seguem os quadros que expõem os casos de aplicação do *Lean Thinking* na construção levantados na literatura. Cada referência dos quadros diz respeito a um caso de aplicação. O quadro 1 mostra as motivações e/ou as dificuldades observadas em alguns casos de aplicação estudados. Os demais casos não estão presentes no quadro 1 por não terem sido fornecidas tais informações. Já o quadro 2 apresenta de modo geral as ferramentas utilizadas e os benefícios observados em cada caso de aplicação estudado.

Quadro 1 - Motivações e dificuldades nas aplicações do *Lean Thinking*.

Referência ⁴	Motivações	Dificuldades
1	Industrializar processos; evitar desperdícios; garantir qualidade; dinamizar obras; estabilizar a produção; baixo custo de implantação.	Assimilar conceitos; adoção da filosofia por fornecedores e prestadores de serviços; participação da alta direção.
3	Minimizar perdas.	-
4	-	Entendimento geral da filosofia.
6	Adequação dos custos diretos e indiretos.	-
15	Redução de Custos.	-
18	Melhorar processos.	-
22	Busca por planejamento de médio prazo.	-
24	-	Entendimento de algumas ferramentas.
27	-	Organizar o planejamento da produção e os sistemas de controle da construtora.
29	-	Desinteresse e resistência de colaboradores; implantação do processo em um sistema em andamento; entendimento do sistema.
34	Redução de prazos.	-
35	Redução de variabilidade.	-
37	Customizar produtos.	Padronização dos processos.
38	Identificar os membros da cadeia de suprimentos que devem constar em um projeto de construção.	-
39	Customizar produtos.	Empecilhos legais e econômicos; características inerentes do processo construtivo; dificuldades gerenciais.

³ Centro de Referência e Informação em Habitação Acesso em: <<http://www.infohab.org.br>>

⁴ Os números indicados na coluna “Referência” remetem aos trabalhos consultados, conforme relacionados nas referências bibliográficas.

Quadro 2 - Ferramentas utilizadas e benefícios observados nas aplicações do *Lean Thinking*.

Referência ⁵	Ferramentas <i>Lean</i>								Benefícios								
	Linha de Balanço	<i>Last planner</i>	Padronização	Map. Fluxo de Valor	Redução Lotes	<i>Kanban</i>	Arranjo Físico Celular	Outras	Transparência	Redução Custos	Redução Prazos	Redução Variabilidade	Redução Desperdícios	Redução Efetivo	Aumento Produtividade	Aumento Qualidade	Outros
1	x	x		x		x		x			x		x	x	x		x
2		x						x	x			x	x				
3		x				x					x						x
4								x		x			x		x		x
5	x		x		x				x								x
6				x	x					x	x			x	x	x	x
8	x		x	x			x	x	x				x	x			
9			x			x	x	x				x	x			x	
10	x	x				x		x		x							x
11								x									
12	x	x								x	x			x			
13			x					x					x				
14	x								x		x	x		x			x
15	x	x						x		x							
17		x								x	x						
18								x		x							
19								x	x				x		x		x
20	x						x										x
22		x						x									x
24	x					x		x			x		x		x		x
25 ⁶								x		x					x		
25 ⁶	x	x												x	x		x
26	x	x				x							x	x	x		
27	x					x			x		x				x		x
28				x						x	x		x		x	x	x
29						x					x		x				x
33	x	x						x									
34 ⁷								x		x				x			
34 ⁷		x						x			x						
35								x				x					
36	x							x	x								x
37	x		x		x			x	x								x
38		x															x
39								x									x

⁵ Os números indicados na coluna “Referência” remetem aos trabalhos consultados, conforme relacionados nas referências bibliográficas.

⁶ A referência 25 apresenta dois casos de aplicação do *lean thinking* com características distintas. Devido a este fato, os autores preferiram dividir a referência em duas.

⁷ A referência 34 apresenta dois casos de aplicação do *lean thinking* com características distintas. Devido a este fato, os autores preferiram dividir a referência em duas.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir das publicações analisadas, verificou-se que as aplicações do *Lean Thinking* na construção civil têm se concentrado nas etapas de planejamento e execução de obras, sendo encontradas em menor grau aplicações nas fases de projeto (SCHRAMM; TILLMANN; BERR; FORMOSO, 2009), e em fases administrativas, correspondentes as atividades da fase de incorporação de um empreendimento (PICCHI; REIS, 2004).

As principais motivações das empresas construtoras para a adoção da filosofia *lean* em seus processos puderam ser identificadas. São elas: a necessidade de melhoria dos processos, com vistas ao estabelecimento de fluxo contínuo, ritmo e trabalho sincronizado; a busca da redução da variabilidade nas obras, visando industrialização e padronização dos processos; a redução de custos; a diminuição de desperdícios; a necessidade de garantir qualidade nas obras e conseqüentemente, o aumento da qualidade do produto final; o baixo custo de implantação do *Lean Thinking*; a busca da redução ou simplesmente o cumprimento de prazos estabelecidos; a busca de maior organização do planejamento da produção e dos sistemas de controle das empresas.

A partir dos trabalhos levantados, é possível também aferir as ferramentas *lean* utilizadas com maior frequência nos canteiros de obras. São elas: linha de balanço, *last planner*, padronização de processos, mapeamento do fluxo de valor, produção em pequenos lotes, *kanban* e arranjo físico celular. Entende-se como produção em pequenos lotes tanto a redução do tamanho dos lotes de materiais, quanto a redução das equipes de trabalho. O *last planner* é uma ferramenta de planejamento que na construção civil tem a vantagem de aumentar a garantia da disponibilização de recursos como mão de obra, materiais e máquinas, e no qual as restrições podem ser identificadas e removidas. A linha de balanço pode ser utilizada no âmbito da construção civil como técnica de planejamento de longo prazo, explicitando os ritmos de trabalho dos principais processos repetitivos, como por exemplo, a produção de apartamentos-tipo em um edifício. O mapeamento do fluxo de valor é utilizado para representar os principais processos (atuais e futuros) envolvidos na execução de um apartamento, por exemplo. A ficha *kanban* também é uma interessante ferramenta quando aplicada na construção civil. As informações nela contidas podem ser exemplificadas pela atividade a ser realizada, o pavimento em que a atividade se encontra e o equipamento com o qual a mesma será executada. Sua aplicação permite operacionalizar o princípio *just-in-time*, transformando a produção no canteiro de obras de empurrada para puxada.

Muitas outras ferramentas são citadas com menor frequência ao longo dos trabalhos, como por exemplo: *poka-yoke*, *andon*, *kaizen*, gráfico de balanceamento do operador, caixa de nivelamento e *jidoka*. Estas ferramentas são consideradas na coluna “Ferramentas *Lean* - Outras”, no quadro 2. Ainda como ferramentas para aplicação do *Lean Thinking* são citados diversos índices de avaliação de desempenho, como exemplo: Percentual de programação concluída (PPC), Programação Semanal de Equipamentos e Materiais (PSEM), Índice de Remoção de Restrições (IRR). Em alguns casos também é destacada a importância dos incentivos aos funcionários como ferramenta para melhorar a implementação do *lean* na construção, já que fazem com que os trabalhadores se sintam mais motivados a trabalharem em um ritmo mais puxado.

Dentre os benefícios apontados nos trabalhos abordados, tem-se, principalmente: a criação de um processo transparente, entendido como o conhecimento de todos os estágios da construção por todos os envolvidos no processo; a redução de custos; a redução de prazos; a redução da variabilidade, que indica a criação de um processo padronizado; a redução de desperdícios, que engloba tanto o desperdício de materiais como desperdício de tempo, a redução de efetivo, sem causar aumento do volume de trabalho, o aumento da produtividade, e o aumento da qualidade de execução, e conseqüentemente, do produto final.

A maior dificuldade observada ao longo dos estudos de caso abordados é a assimilação dos conceitos *lean* pelos funcionários. Outras dificuldades encontradas são: a compreensão de que o *Lean Thinking* é uma filosofia, com princípios e conceitos básicos que devem ser entendidos antes da aplicação direta das ferramentas, o desinteresse e a resistência de alguns colaboradores e o pouco envolvimento da alta diretoria no processo. Essas lacunas devem ser vencidas já que representam importantes fatores de sucesso na implementação da filosofia.

Observa-se no Brasil um alto grau de desenvolvimento da aplicação de conceitos *lean* na região nordeste, notoriamente incentivadas pelo Programa de Inovação da Indústria da Construção

Civil (INOVACON), responsável pelo processo de desenvolvimento e avanço técnico de um grupo de empresas construtoras da região nordeste. São também observados grande número de aplicações na região sudeste e sul do Brasil.

Através dos estudos abordados no presente trabalho, pode-se dizer que o *Lean Thinking* vem conquistando cada vez mais espaço no setor da construção civil brasileira, observando-se a existência de inúmeros casos de aplicação. A grande maioria das aplicações são ainda restritas, caracterizadas, usualmente, pela utilização de uma única ferramenta, visando comprovar a aplicabilidade de tal ferramenta no âmbito da construção. Apesar de propiciar ganhos consideráveis, o uso de ferramentas isoladas gera resultados limitados.

Começam a aparecer novos casos no Brasil que mostram uma aplicação mais ampla da filosofia, com a utilização de ferramentas *lean* de maneira mais integrada, possibilitando a obtenção de resultados ainda mais satisfatórios. Apesar de ainda não corresponderem à implementação da filosofia de modo totalmente sistêmico, estas aplicações mostram uma maior compreensão do que a correta implantação do *Lean Thinking* exige: uma combinação de filosofia, sistema e ferramentas.

8. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou os resultados de um estudo que envolveu o levantamento, através de revisão bibliográfica, de trabalhos que apresentaram casos de construtoras que aplicaram o *Lean Thinking* em seus processos. O artigo elucidou questões relativas às motivações pelas quais as empresas investigadas adotaram a filosofia *lean*, as principais ferramentas utilizadas, as contribuições proporcionadas às empresas e as dificuldades encontradas durante a implementação dessa filosofia.

Destaca-se como principais fatores motivadores para a implementação da filosofia *lean*: a melhoria dos processos como um todo, a redução da variabilidade, dos desperdícios e dos custos, o aumento da qualidade do processo e do produto e o baixo custo de implantação.

As ferramentas *lean* mais utilizadas pelas construtoras brasileiras têm sido: linha de balanço, *last planner*, padronização de processos, mapeamento do fluxo de valor, produção em lotes reduzidos, *kanban* e arranjo físico celular.

Os trabalhos estudados indicaram diversos benefícios resultantes de ações relacionadas à implementação da filosofia, dentre eles: aumento da transparência do processo, redução de variabilidade, desperdícios, custos, prazos, redução das equipes de trabalho, aumento da produtividade e da qualidade. Já o maior entrave verificado na implementação do *Lean Thinking* nos canteiros de obra tem sido a dificuldade de assimilação dos conceitos *lean*, o desinteresse e a resistência de alguns funcionários.

Por fim, conclui-se que já existem no Brasil diversos casos de aplicação da filosofia *lean* em empresas construtoras, principalmente na fase de execução. Ainda que as aplicações não envolvam a filosofia como um todo, e muitas vezes representem casos de aplicação de algumas ferramentas isoladas, muitas empresas vêm obtendo resultados satisfatórios com a aplicação dos conceitos *lean*. A completa compreensão da filosofia *lean*, seus sistemas e ferramentas, é fundamental para o alcance de aplicações cada vez mais amplas e integradas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ALVES, T.; MATOS, P.; BARROS NETO, J.; PINHO, M. Análise de aspectos estratégicos da Lean Construction em construtoras cearenses. **In:** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza, Ceará.
- 2) ALVES, T.; FORMOSO, T. Guidelines for managing physical flows in construction sites **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 8, 2000, Brighton, UK. **Proceedings...**UK, 2000.
- 3) BARROSO, R.; ALVES, T.; SILVEIRA, R. Análise do fluxo de valor de argamassas produzidas em um empreendimento habitacional de interesse social. **In:** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 5, 2007, Campinas, São Paulo.

- 4) BLANCO, M. Orçamento Real. **Revista Construção Mercado**, São Paulo, Ed. 89, dez. 2008. Disponível em : <revista.construção mercado.com.br> Acesso em : 30 out. 2009
- 5) BORGES, T.; GRANJA, A.; PICCHI, F.; RODRIGUES, A. Modelo de planejamento de produção em obras habitacionais repetitivas. **In:** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4, 2005, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- 6) BRETERNITZ, G.; MEDARDONI, A.; PICCHI, F. Execução de estruturas em alvenarias armadas através de conceitos do Lean Thinking: estudo de caso com foco em redução de lotes e melhorias específicas. **In:** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4, 2005, Porto Alegre,
- 7) BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na mentalidade enxuta**. 2009. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- 8) BULHÕES, I.; CARIA, J.; GRANJA, A.; PICCHI, F. Fluxo Contínuo na Construção Civil: Um Estudo de Caso Exploratório. **In:** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4, 2005, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- 9) CARNEIRO, R.; ALVES, T.; CARNEIRO, A. Descrição de um modelo de planejamento e controle da produção na construção de edifícios: o caso da Construtora Castelo Branco. **In:** Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, 4, 2009, Fortaleza, Ceará.
- 10) CARNEIRO, A.; MIRANDA FILHO, A.; ALVES, T.; NASCIMENTO, K.; CARNEIRO, R.; BARROS NETO, J. Development and evolution of project production systems: the PS-37 case. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 17, 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taiwan, 2009.
- 11) CARVALHO, K. Orçamento Real: Três Torres em Fortaleza. **Revista Construção Mercado**, São Paulo, mar. 2007. Disponível em : <revista.construção mercado.com.br> Acesso em : 30 out. 2009
- 12) CONTE, A. Lean construction: from theory to practice. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado, Brasil. **Proceedings...** Brasil, 2002.
- 13) COZZA, E. Gestão de Qualidade. **Revista Técnica**, São Paulo, mar., 1999. Disponível em : <www.revistatechne.com.br> Acesso em: 30 out. 2009
- 14) DEPEXE, M.; DORNELES, J.; HEINECK, L.; KEMMER, S.; MELO, M. Aplicação da técnica da linha de balanço segundo os princípios da Lean Construction. **In:** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 11, 2006, Florianópolis, Santa Catarina.
- 15) FARIA, F.; JUNQUEIRA, L.; MALERONKA, C.; MENDES NETO, W.; MENEZES, A.; SANTIAGO, A. **Aplicação da Lean Construction para a redução dos custos de produção da casa 1.0**. 2006. Tese (Especialização em Engenharia de Produção para Construção Civil), Programa de Especialização em Engenharia de Produção, USP, São Paulo.
- 16) FORMOSO, Carlos Torres et al. Perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. **In:** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC, 1999.
- 17) FORMOSO, T.; MOURA, C. Evaluation of the impact of the last planner system on the performance of construction projects. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 17, 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taiwan, 2009.
- 18) HEINECK, L.; LEITE, M.; PEREIRA, P.; ROCHA, F. Technological interventions in the control of services in a Lean environment. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado, Brasil. **Proceedings...** Brasil, 2002.
- 19) KEMMER, S.; SARAIVA, M.; HEINECK, L.; PACHECO, A.; NOVAES, M.; MOURÃO, C.; MOREIRA, L. The use of andon in high rise building. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago de Chile, Chile. **Proceedings...** Chile, 2006.
- 20) KEMMER, S.; HEINECK, S.; ALVES, T. Using the line of balance for production system design. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester, UK. **Proceedings...** UK, 2008.
- 21) KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford: Stanford University, 1992. (Technical Report, 72).

- 22) LIMA, M.; ALVES, G.; MATOS, P., ALVES, T. Estudo do sistema de planejamento e controle da produção de uma empresa construtora de Fortaleza – CE. **In:** Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, 4, 2009, Fortaleza, Ceará.
- 23) LEAN ENTERPRISE INSTITUTE (LEI). **Léxico lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**_ 1 ed. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2003. 98 p.
- 24) MAUÉS, L.; NEGRÃO, A.; PAIXÃO, L.; PEIXOTO, A. Nível de utilização das ferramentas da filosofia Lean Construction em empresas construtoras. **In:** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza, Ceará.
- 25) MEDEIROS, H. Planejamento de Obra. **Revista Construção Mercado**, São Paulo, ago. 2008. Disponível em: <revista.construção mercado.com.br> Acesso em : 30 out. 2009
- 26) MEDEIROS, H. Compras Reformuladas. **Revista Construção Mercado**, São Paulo. Disponível em : <revista.construção mercado.com.br> Acesso em : 30 out. 2009
- 27) MOTA, B.; ALVES, T. Implementação do pensamento enxuto através do projeto do sistema de produção: estudo de caso na construção civil. **In:** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18, 2008, Rio de Janeiro, RJ.
- 28) PASQUALINI, F.; ZAWISLAK, P. Value stream mapping in construction: a case study in a brazilian construction company. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney, Australia. **Proceedings...** Australia, 2005.
- 29) PERARO, L. E. M. **O uso do kanban no transporte vertical de argamassa em edifícios de múltiplos pavimentos – Estudo de caso.** 2009. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.
- 30) PICCHI, F.A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003.
- 31) PICCHI, F.A.; GRANJA, A.D. Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen, Dinamarca. **Proceedings....** Dinamarca, 2004. p. 833-844.
- 32) PICCHI, F.; REIS, T. Identificação de desperdícios através de ferramentas de Lean Thinking aplicadas a estudos de caso do fluxo de negócios. **In:** Conferência Latino Americana de Construção Sustentável: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo.
- 33) Plano Certo. **Revista Guia da Construção**, editora PINI. São Paulo, ago. 2008.
- 34) Prato Feito. **Revista Técnica**, editora PINI, 36. Disponível em: <www.revistatechne.com.br> Acesso em: 30 out. 2009.
- 35) SANTOS, A.; POWELL, J. Potencial of Poka-Yoke devices to reduce variability in construction **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley, USA. **Proceedings...** USA, 1999.
- 36) SCHRAMM, F.; RODRIGUES, A.; FORMOSO, C. The role of production system design in the management of complex projects. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago de Chile, Chile. **Proceedings...** Chile, 2006.
- 37) SCHRAMM, F.; TILLMANN, P.; BERR, L.; FORMOSO, C. Redesigning the production system to increase flexibility in house building projects. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 17, 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taiwan, 2009.
- 38) STERZI, M.; ISATTO, E.; FORMOSO, C. Integrating strategic project supply chain members in production planning and control. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 15, 2007, Michigan, USA. **Proceedings...** USA, 2009.
- 39) TILLMANN, P.; FORMOSO, C. Opportunities to adopt mass customization – a case of study in the brazilian house building sector. **In:** Annual Conference of The International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester, UK. **Proceedings...** UK, 2008.
- 40) WOMACK, J. P.; JONES D. T. A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- 41) WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.