

ANAIS DO



# IV Congresso de Sistemas LEAN

Editores

Guilherme Luz Tortorella  
Giuliano Almeida Marodin  
Tarcísio Abreu Saurin

Porto Alegre, RS, Brasil  
23 e 24 de maio de 2014

C749a

Congresso de Sistemas LEAN (4. : 2014 : Porto Alegre, RS)  
Anais do ... / 4º Congresso Sistemas LEAN; editores Guilherme Luz  
Tortorella, Giuliano Almeida Marodin, Tarcísio Abreu Saurin. -- Porto Alegre :  
UFRGS/PPGEP, 2014.

Modo de acesso: < <http://www.ufrgs.br/congressolean/artigos-cases/anais>>

ISBN 978-85-66106-17-6

1. Sistemas LEAN – Eventos. 2. Produção enxuta – Eventos. I. Tortorella,  
Guilherme Luz, editor. II. Marodin, Giuliano Almeida, editor. III. Saurin, Tarcísio  
Abreu, editor. IV. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de  
Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. V. Título.

CDU 658.5(063)



## Uso integrado de simulação 4D com prática *Lean* em um empreendimento de um Hotel em Porto Alegre

**Rafaela Bortolini** (NORIE/UFRGS) – [bortolinirafaela@gmail.com](mailto:bortolinirafaela@gmail.com)

**Fernanda Justin Chaves de Souza** (NORIE/UFRGS) – [nandajc\\_ufrgs@hotmail.com](mailto:nandajc_ufrgs@hotmail.com)

**Carlos Torres Formoso** (NORIE/UFRGS) – [formoso@ufrgs.br](mailto:formoso@ufrgs.br)

**Resumo:** *Lean Construction* e BIM são abordagens utilizadas, separadamente, pela indústria da construção civil mundial, na busca da melhoria da gestão da construção. Apesar de ser um grande desafio a implementação destas duas abordagens de forma conjunta, alguns estudos apontam que há um aumento significativo dos benefícios para todos os envolvidos, embora haja uma carência de estudos empíricos, que comprovem os resultados positivos desta implementação integrada, na etapa de planejamento e controle da construção. O objetivo do presente trabalho é apresentar uma evidência empírica sobre o uso integrado de BIM 4D e *Lean Construction*, mostrando os seus respectivos benefícios. Este trabalho foi desenvolvido com base em uma breve revisão de literatura sobre o tema e através de um estudo de caso, realizado em um empreendimento em construção, em Porto Alegre, onde se utilizou simulação 4D, uma ferramenta BIM, associada à técnica *Lean* de reunião de curto prazo, no planejamento da obra. Os resultados demonstraram como uma abordagem combinada de BIM e *Lean* pode ser aplicada na fase de execução da obra, uma vez que, percebeu-se que, uma obra com ambiente com práticas da construção enxuta pode facilitar a adoção da tecnologia BIM.

**Palavras-chave:** BIM; *Lean*; Simulação 4D, Sistema *Last Planner*.

**Abstract:** Lean Construction and BIM are approaches used separately by the global construction industry, in the pursuit of construction management improvement. Despite being a major challenge the implementation of these two approaches together, some studies indicate that there is a significant increase in benefits for all involved, but there is a lack of empirical studies that demonstrate the positive results of the integrated in the stage of planning and control of construction. The objective of this work is to present empirical evidence on the integrated use of 4D BIM and Lean Construction, showing their benefits. This work has developed based on a brief literature review on the subject and through a case study conducted in a project under construction in Porto Alegre, where were used 4D simulation, a BIM tool associated with Lean technical, meeting short-term planning of the work. The results have demonstrated how a combined approach of BIM and Lean can be applied in the implementation phase of the work, since it was realized that with a work environment of lean construction practices can facilitate the adoption of BIM technology.

**Keywords:** BIM; *Lean*; 4D Simulation; *Last Planner System*.

### 1. Introdução

Nas últimas décadas, a indústria da construção civil vem buscando as melhores técnicas de gestão da construção, que apoiem o aumento da produtividade e da qualidade, a eliminação dos desperdícios e a redução do custo e do tempo de entrega de um projeto de construção (CLEMENTE, 2012). Dentro deste contexto, surgiram as abordagens *Lean Construction* e BIM, que dão suporte ao alcance destes benefícios. Segundo Sacks *et al.* (2009) o BIM, como processo e metodologia, tem características que são essenciais na eliminação de desperdícios



na construção, estimulando a implementação de *Lean* e oferecendo características que promovam um melhor fluxo de trabalho.

Sacks *et al.* (2010 a) afirmam que os projetos de construção envolvem vários intervenientes distintos, que, em muitos casos, trabalham simultaneamente, resultando em canteiros de obra congestionados e conseqüentemente em tempo de espera, retrabalho, movimentação e manuseio de materiais desnecessário, estoques de materiais e espaços de trabalho não utilizados, etc. Com isso, um dos grandes desafios na busca da eficiência de uma construção é conseguir um fluxo de trabalho contínuo com o mínimo de desperdício possível, porém, isso requer não apenas o planejamento apropriado da construção, mas também, a eficácia na gestão da produção.

O planejamento colaborativo é uma das principais contribuições do *Lean Construction*, e busca alcançar uma compreensão mais profunda e antecipada das atividades planejadas. Isto é possível através do uso de simulação e planejamento 4D, no qual trata-se de um modelo BIM 3D conectado ao planejamento da obra, que usa a simulação para demonstrar as atividades a serem executadas, para um determinado período (CIRIA 725, 2013).

Estudos como o de Sacks *et al.* (2010 b) e de Khanzode *et al.* (2006) indicam que existem sinergias entre os conceitos de BIM e *Lean*, e que quando adotados de forma integrada, contribuem significativamente, para a melhoria da gestão da construção. Ao mesmo tempo, percebe-se que há uma necessidade de trabalhos empíricos que mostrem suas aplicações de maneira integrada, em projetos de construção (BHATLA e LEITE, 2012).

Nas seções seguintes são apresentados a metodologia, uma rápida abordagem sobre os temas envolvidos neste trabalho, uma descrição do estudo de caso desenvolvido, os resultados deste estudo e, por fim, a conclusão.

### 3. Metodologia

O estudo empírico foi realizado em uma obra de construção de um hotel, localizada em Porto Alegre – RS, onde foi feito um acompanhamento do planejamento e montagem das estruturas metálicas. A empresa responsável pela montagem destas estruturas também fabrica as peças empregadas na obra. A mesma atua em três segmentos: sistemas multiandares,



sistemas construtivos e sistemas estruturais. A obra deste estudo se caracteriza pelo sistema multiandares.

O estudo foi realizado ao longo dos meses de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014 e contou com a participação da primeira autora deste artigo, do engenheiro responsável pela obra e do mestre de obra. Inicialmente foi feita a modelagem do empreendimento para realização da simulação 4D. Em seguida, foram realizadas reuniões com os responsáveis da obra para apresentação do modelo de simulação para discussão de alternativas de sequência de montagem, bem como para definição de equipamentos a serem utilizados na obra em estudo. Através dessas definições, houve um aprimoramento do modelo e a escolha do melhor cenário de execução a ser adotado na obra. O estudo seguiu com a implementação deste modelo de planejamento no canteiro de obra com a participação em reuniões de curto prazo semanalmente. Durante os meses do estudo houve coleta de dados e registro fotográfico das atividades desenvolvidas.

#### 4. Revisão

A revisão traz uma breve definição do que vem a ser BIM e *Lean Construction*, bem como identifica duas interações entre estes dois conceitos, que abordam simulação 4D e planejamento de curto prazo, a partir das interações identificadas por Sacks *et al.* (2010 b).

##### 4.1. *Lean Construction*

Womack *et al.* (1990) definiram *Lean Production* como uma abordagem que busca a melhor maneira de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma determinada empresa, com os demais envolvidos no processo, desde clientes a operadores, onde é possível fazer cada vez mais com menos. Shingo (1996) complementa como sendo um sistema de eliminação de perdas. Ohno (1997) fala que a ideia básica do *Lean Production* está na redução das sete perdas (por superprodução, tempo de espera, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimentação e defeitos).

*Lean Construction* (LC) é uma adaptação dos princípios *Lean Production*, originados na indústria automobilística japonesa, com o Sistema Toyota de Produção, para a indústria da construção civil (KOSKELA, 1992; 2000). Os principais princípios da LC são o aumento do valor entregue ao cliente final, a redução de desperdícios e a melhoria contínua (Koskela, 2000).



Segundo Khanzode *et al.* (2006), os pesquisadores de LC defendem uma mudança na visão tradicional de transformação na construção para uma visão mais holística, que trata como equivalentes em importância os conceitos de transformação, fluxo e valor. Koskela (2000) defende que a transformação na construção acontece quando um conjunto de entradas são convertidas em um conjunto de saídas e o processo mantém esta transformação dentro de um conjunto de restrições, que normalmente incluem custo, cronograma, etc. O ponto de vista de valor refere-se ao valor que será gerado, a partir da construção, para o cliente final. Quanto que o fluxo refere-se ao fato de que a construção é realmente um conjunto de atividades interdependentes, porém distintas, que necessitam fluir para concluir a obra a tempo e dentro do orçamento.

Algumas empresas já possuem LC como ideologia de transformação dos processos de construção, e passaram a adotar a tecnologia BIM, para obter uma maior colaboração entre as equipes de projetos, durante as etapas de projeto e construção. É o caso da empresa que foi o objeto de estudo deste trabalho.

#### 4.2. BIM

De acordo com Eastman *et al.* (2011), BIM (*Building Information Modelling*) é uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Para Deutsch (2011), BIM envolve os aspectos: pessoas, processo e tecnologia. Já Succar *et al.* (2009) analisam BIM como um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar a essência de projeto da edificação, a partir de dados associados num formato digital, em todo ciclo de vida da edificação.

Os principais benefícios do uso do BIM são: detecção/prevenção de conflitos, melhor tomada de decisão através da visualização, melhor comunicação através da interoperabilidade e prevenção a erros (EASTMAN *et al.*, 2011), porém pode ser um processo lento, pois envolve o engajamento das pessoas (ARAYICI *et al.*, 2011b).

Com relação ao planejamento da construção, BIM não auxilia significativamente os construtores a realizarem um planejamento detalhado, antes da fase da construção. No entanto, isso não diminui a importância das atividades de planejamento e controle durante a construção, que é um dos principais usos das práticas *Lean* e BIM integrados.



#### 4.3. Interação entre Lean e BIM

Conforme descrito acima, observa-se que, os conceitos de BIM e *Lean*, embora sejam distintos e com diferentes iniciativas, causam profundos impactos na construção civil, quando aplicados de forma independente (SACKS *et al.*, 2010b). Os mesmos autores identificaram sinergias entre estes dois conceitos e desenvolveram uma matriz, a partir dos princípios *Lean* e funcionalidades BIM, que resultou em 56 interações. Destas 56 interações, o presente trabalho faz menção a duas, as quais estão relacionadas com o uso de simulação 4D e planejamento e controle da construção:

- ✓ 40. BIM fornece um ambiente de visualização ideal para o projeto durante toda a fase de projeto e construção e permite a simulação dos métodos de produção, equipamentos temporários e processos. Modelagem e animação de sequências de construção em ferramentas 4D oferecem uma oportunidade única de visualizar os processos de construção, para a identificação de conflitos de recursos no tempo e no espaço e resolver questões de construtibilidade. Isso permite a otimização do processo, melhorando a eficiência e segurança e pode ajudar a identificar os gargalos e melhorar o fluxo.
- ✓ 49. As funções de apoiar e facilitar a tomada de decisão participativa proporcionam mais e melhores informações para todos os envolvidos e ampliam o leque de opções que podem ser consideradas. Claro, elas não podem por si só garantir que a alta administração adotará uma abordagem de construção de consenso.

Na literatura encontra-se alguns estudos práticos da implementação integrada de *Lean* e BIM, mas ainda há uma necessidade de um número maior de estudos, comprovando as interações sugeridas por Sacks *et al.* (2010b) e outras que outros pesquisadores possam vir a descobrir.

#### 4.4. Simulação 4D

O *layout* das áreas de armazenamento de material e outras instalações temporárias necessitam de um planejamento cuidadoso a fim de minimizar os custos de deslocamento e movimentação de recursos, além de respeitar as restrições operacionais e de segurança (SAID & EL-RAYES, 2013). A facilidade de visualização do modelo 4D, para o planejamento do canteiro, ocorre através da integração do modelo geométrico 3D com o cronograma de



atividades. O modelo 4D auxilia os planejadores na tomada de decisão ao permitir a visualização do trabalho em sequência, a possibilidade de montar cenários alternativos a serem testados antes de serem executados de fato e a visualização de potenciais problemas logísticos (CHAU *et al.*, 2004; HARTMANN *et al.*, 2008). Além disso, o uso do 4D auxilia na detecção de conflitos espaciais entre as atividades, permitindo o gerenciamento proativo dos espaços nos canteiros de obra (AKINCI *et al.*, 2002). Essa identificação prévia de conflitos aumenta a precisão do cronograma de obra (HARTMANN *et al.*, 2008).

O planejamento da produção da construção tem como objetivo descobrir os meios para alcançar e manter a produção mais eficiente e diante disso há a necessidade de considerar várias opções no planejamento, fazer análises de *trade-off*, sendo o modelo 4D a ferramenta de auxílio na tomada de decisão, que oferece suporte para o planejamento da produção (LEINONEN *et al.*, 2003). As simulações 4D funcionam como ferramentas de comunicação para revelar potenciais gargalos e como um método para melhorar a colaboração.

Segundo Webb *et al.* (2003), a utilização de 4D traz ainda mais benefícios, tais como: treinar de forma eficaz, e se comunicar com as equipes de construção; acompanhar a evolução do projeto, comparando o planejado com *as-built*; melhorar entregas de materiais *just-in-time*, que são particularmente importantes em locais de construção, onde o espaço é mínimo e ajudar a superar as barreiras linguísticas para os membros da equipe de construção, especialmente no contexto das atividades de construção internacionais.

Sacks *et al.* (2009) afirmam que a simulação 4D pode auxiliar a verificar os requisitos de espaço a serem cumpridos, a situação da atividade executada anteriormente, a disponibilidade de materiais, a identificação de estações de trabalho e caminhos, a exibição de informações no local de trabalho melhorando a eficácia do planejamento e controle da produção. Além disso, na simulação 4D a comunicação visual tende a aumentar a participação dos trabalhadores nos esforços de melhoria contínua, pois permite uma compreensão e resposta rápida aos problemas, como o controle é simplificado, reduz a propensão a erros e fornece transparência no processo, como um impacto positivo sobre a motivação dos trabalhadores.

Brien (2003) afirma que ferramentas 3D e 4D existentes são uma tentativa de controlar a incidência de alterações em canteiros de obra. Ferramentas 3D/4D ajudam a melhorar projetos, reduzindo a incidência de tempo e conflitos espaciais em canteiros de obras, além de melhorar o fluxo de materiais e a confiabilidade do cronograma (BRIEN, 2003). As



ferramentas 3D/4D podem reduzir o número de alterações em canteiros obra, porém, a natureza dos projetos é dinâmica, elas não retiram as mudanças no cronograma do projeto (Brien, 2003).

Enquanto ferramentas 4D comunicam efetivamente a intenção do projeto, a comunicação na última fase é fraca, ou seja, a entrega de informações sobre o produto aos trabalhadores durante a execução não ocorre da melhor maneira pois ainda depende de visualizações formais de desenho da informação que pode ser impresso em papel (SACKS *et al.*, 2010).

## 5. Desenvolvimento

A interação entre BIM e *Lean*, no que se refere à simulação 4D de atividades, pode ser evidenciada em um estudo realizado em uma obra de estrutura metálica, destinada à instalação de um hotel. Esta obra é constituída de dois edifícios, sendo um com quatro andares de estacionamento e outro com oito andares de hotel totalizando em torno de 7.050,00m<sup>2</sup>. Tanto o prédio do estacionamento quanto o do hotel foram divididos em três etapas de execução.

O prazo de entrega do empreendimento era curto e havia a necessidade de um estudo, a fim de possibilitar a visualização de cenários alternativos de montagem da obra, para identificar a forma mais produtiva e rápida de execução. Diante disso, a simulação 4D foi utilizada para a geração automática de cenários alternativos, além da identificação de conflitos de recursos no tempo.

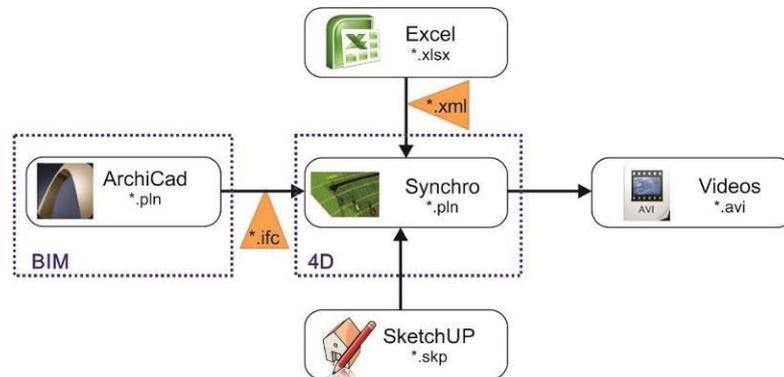
O estudo iniciou com a modelagem do empreendimento em BIM no software *Archicad*, a partir de um modelo da estrutura principal da obra fornecido pela empresa com extensão de arquivo interoperável (\*.ifc)<sup>2</sup>. Após a modelagem, foi utilizado o software de simulação 4D denominado *Synchro*, para simular a execução do empreendimento no tempo. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra a fase de modelagem com os diferentes softwares envolvidos

---

<sup>2</sup> IFC - Industry Foundation Classes: segundo Froese (2003) é um formato padrão de dados orientado ao objeto que possibilita a interoperabilidade entre diferentes softwares da indústria AEC.



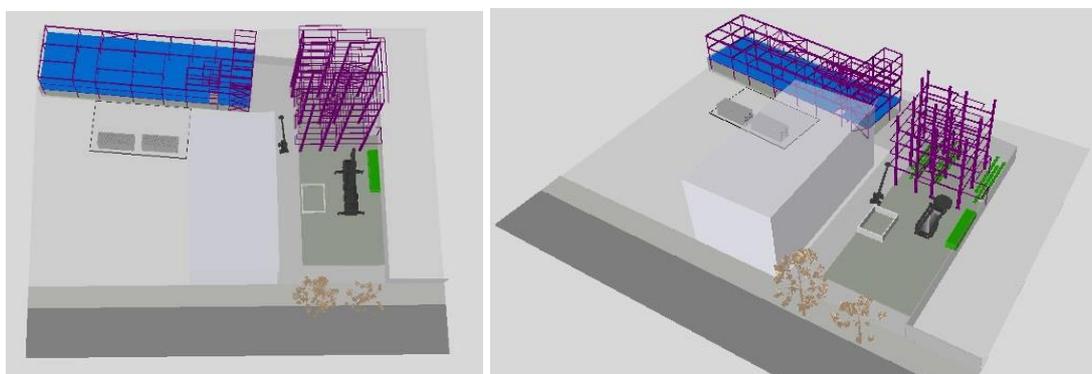
Figura 1 – Softwares envolvidos na modelagem



Fonte: O autor

No *software* de simulação, os elementos da obra foram vinculados com as atividades do cronograma fornecido pela empresa. A partir disso, foram realizadas reuniões para discussão e aprimoramento do modelo. Através das reuniões com o uso da ferramenta de simulação 4D obteve-se um maior entendimento dos conflitos e das interferências que a obra poderia sofrer, de acordo com o ataque de execução da obra, com o tipo de equipamento a ser utilizado para montagem da estrutura, bem como da localização das áreas de estoque e áreas de vivência do canteiro. Houve uma grande discussão dos equipamentos a serem utilizados na obra, tendo em vista o tamanho estreito do lote no qual a obra se encontrava, com pouco pátio para operações logísticas e áreas de estoque. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra uma imagem do modelo 4D.

Figura 2 – Imagem retirada do software de simulação



Fonte: O autor

A partir da apresentação do modelo na obra, foi realizada uma primeira coleta de dados, para verificar se o planejamento do canteiro estava seguindo o modelo proposto



durante a fase de execução. Nesta coleta, observou-se que o planejamento realizado não estava sendo seguido totalmente e, a partir disso, houve uma discussão a fim de encontrar uma solução, para o problema de falta de aderência do planejamento, sendo um dos motivos a falta de visualização do planejamento realizado na simulação 4D. Por ser feita em meio eletrônico, sentiu-se a necessidade de trazer o planejamento para o canteiro de forma que se tornasse mais visual para os trabalhadores, tendo em vista que apenas a pesquisadora sabia operar o software de simulação. A obra estava em fase de implantação do sistema *Last Planner* com reuniões de curto prazo, diante disso houve a possibilidade de acompanhamento desta implantação. Juntamente com o engenheiro responsável da obra, decidiu-se fazer um planejamento do canteiro da obra semanal, através de um painel feito na reunião de curto prazo, como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Neste painel, foram inseridas imagens do planejamento inicial feito na simulação 4D, para ter como referência aquilo que já havia sido planejado e um espaço com a planta baixa do canteiro para realizar o planejamento semanal. Na semana seguinte, era feito a coleta de dados para verificar se o planejamento havia sido seguido e levantar as causas do não cumprimento.

Figura 3 – Painel para planejamento do canteiro



Fonte: O autor

## 6. Resultados

A simulação 4D teve resultado positivo na fase inicial de planejamento da obra, com discussões de definição de execução da obra, seleção de equipamentos e áreas de estocagem. Com isso, obteve-se um maior entendimento dos possíveis conflitos, que a obra poderia enfrentar com falta de espaço e interferência de movimentação de equipamentos. A partir



dessa identificação, foi possível tomar providências para minimizar estes conflitos e melhorar o fluxo da obra.

No entanto, durante a fase de execução da obra, houve a necessidade de um dispositivo visual, para permitir visualizar o que foi planejado na simulação 4D no canteiro de obra, e possibilitar novas discussões a respeito deste planejamento com o engenheiro responsável e o mestre de obra. A simulação não se tornou uma ferramenta fácil para implantação do planejamento do canteiro, para dialogar e discutir o seu replanejamento. Houve a necessidade de criar um painel, para que os encarregados da obra pudessem apresentar suas ideias de replanejamento.

Diante disso, o painel com as imagens do planejamento 4D como referência, se tornou uma ferramenta mais fácil para implantação do planejamento do canteiro de obra. Tanto o engenheiro quanto o mestre de obra puderam participar do planejamento com mais facilidade, tendo em vista que apenas a pesquisadora sabia operar o *software* de simulação 4D.

A partir dos dados coletados nas visitas ao canteiro, agruparam-se as causas do não cumprimento do planejamento em categorias e concluiu-se que as principais estavam diretamente ligadas às causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho das reuniões de curto prazo. As principais causas do não cumprimento do planejamento do canteiro podem ser vistas na Figura 4.

Figura 4 – Causas do não cumprimento do planejamento do canteiro



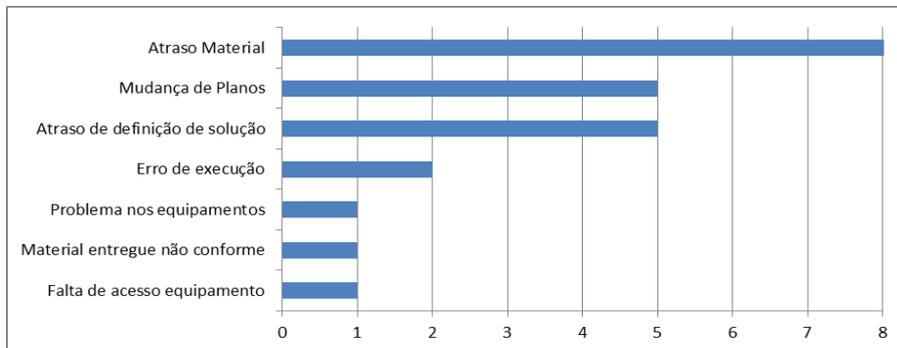
Fonte: O autor

A causa mais corrente, erro no planejamento, está ligada ao atraso de entrega de materiais e à falta de informação na reunião de planejamento sobre as entregas de materiais, o que acarretava em uma não definição de um espaço para um determinado material, que deveria ser estocado na obra. As causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho do curto prazo



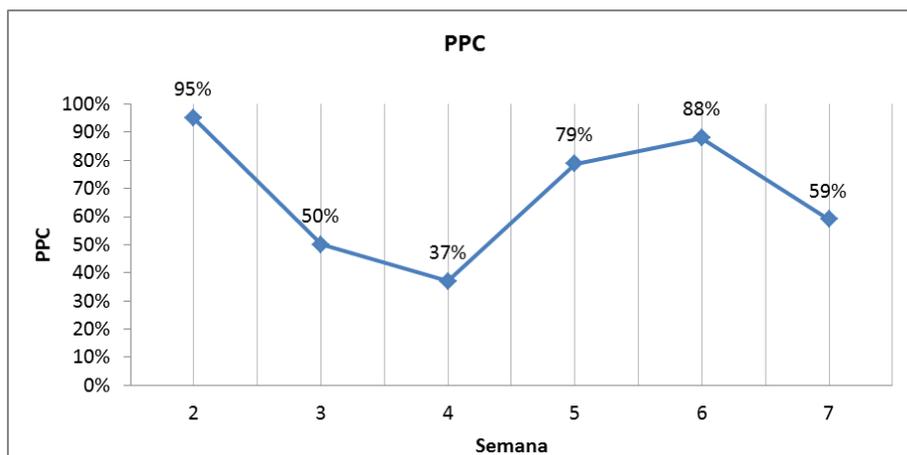
podem ser vistas na Figura 5 e o PPC (Percentual de Pacotes Concluídos) das semanas acompanhadas pela pesquisadora podem ser vistas na Figura 6.

Figura 5 – Causas do não cumprimento do planejamento de curto prazo



Fonte: O autor

Figura 6 – Percentual de Pacotes Concluídos



Fonte: O autor

Diante do gráfico, pode ser identificado que a principal causa do não cumprimento dos pacotes de trabalho no curto prazo foi devido ao atraso de material, que impossibilitou a execução da atividade de montagem, caracterizando um PPC muito variável.

Tanto no curto prazo quanto no planejamento do canteiro, a causa mais corrente do não cumprimento do planejamento está relacionada com material. Há uma interação forte entre os dois, o que evidenciou que é válido realizar os dois planejamentos juntos na obra. Porém, a interação entre o planejamento de atividades com o planejamento do canteiro poderia ter sido mais efetiva se na obra estivesse sendo utilizado o planejamento de médio prazo também. O *layout* da obra era dinâmico, mas exigia certo tempo para remover



restrições, por isso, a importância de aplicar em obra o planejamento de médio prazo, prática do sistema *Last Planner*, para poder identificar as restrições e removê-las, sem ter de levá-las para o curto prazo.

Além disso, a utilização da simulação 4D para o planejamento aumentou a confiabilidade do cronograma de obra, ao identificar conflitos de escolha de equipamentos e definição de ataque de obra que são facilmente visualizados na simulação se comparados a métodos tradicionais que utilizam gráficos de barra.

## 7. Conclusões

A partir do exposto acima é possível concluir que há significativos benefícios no uso integrado de BIM e *Lean* na fase de execução de obra. Alguns princípios *Lean* facilitam a adoção do BIM no planejamento do canteiro de obra utilizando a simulação 4D. O princípio da remoção de restrições, por exemplo, pode ser utilizado de modo que o canteiro deve estar limpo para receber determinado tipo de material, ou seja, sem restrições que impeçam que a atividade possa ser executada. Outro princípio *Lean* relacionado seria as causas da não realização de alguma tarefa, as quais são investigadas para saber seu real motivo. Este princípio pode ser utilizado no gerenciamento do canteiro de obra, a fim de identificar os motivos que estão levando a falta de cumprimento do *layout* do canteiro proposto, por exemplo, e através desta identificação poder solucionar o motivo.

Conclui-se que o planejamento das atividades de execução da obra e o planejamento do canteiro devem seguir juntos, pois há uma interação entre os dois. Essa interação pode ser facilitada pelo uso da tecnologia BIM em um ambiente com práticas *Lean*. A interação número 40 de Sacks *et al.* (2010) aponta que BIM fornece um ambiente ideal de visualização dos processos de construção, e isto permite a otimização do processo. Esta interação foi a mais significativa encontrada no estudo deste artigo. A outra interação de Sacks *et al.* (2010) identificada no estudo foi a de número 49, a qual aborda a questão da facilidade de tomada de decisão por parte dos envolvidos, devido ao modelo de simulação apresentar alternativas visuais de possibilidade de construção. Como pode-se perceber, ambas interações foram identificadas e evidenciadas como o objetivo do trabalho propôs.

A falta de evidências empíricas faz com que muitas empresas relutem em aceitar uma nova ideologia na gestão da construção, pois a indústria da construção busca por resultados comprovados a conceitos, por isso a importância em se evidenciar esta ligação (C725, 2013).



No estudo realizado, também identificou-se a necessidade da realização de reuniões de médio prazo (prática *Lean*) para que a interação fosse mais forte entre o planejamento de execução de atividades e o planejamento do canteiro utilizando ferramenta BIM.

## REFERÊNCIAS

AKINCI, Burçu; FISCHER, Martin; KUNZ, John. **Automated generation of work spaces required by construction activities**. Journal of construction engineering and management, v. 128, n. 4, p. 306-315, 2002.

ARAYICI, Yusuf; COATES, Paul; KOSKELA, Lauri. et al. **Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice**. Automation in Construction, v. 20, n. 2, p. 189–195, 2011b.

O'BRIEN, William J. **4D CAD and dynamic resource planning for subcontractors: case study and issues**. 4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications, p. 101, 2003.

BHATLA, Ankit; LEITE, Fernanda. **Integration Framework of BIM with The Last Planner System**. In: International Conference of the International Group for Lean Construction, 20. San Diego, CA, 2012.

DAVE, Bhargav; KOSKELA, Lauri; KIVINIEMI, Arto; TZORTZOPOULOS FAZENDA, Patrícia; & OWEN, Robert **CIRIA 725 - Implementing Lean in Construction**. London: CIRIA, 2013.

CHAU, Kwong; ANSON, M.; ZHANG, J. P. **Four-dimensional visualization of construction scheduling and site utilization**. Journal of construction engineering and management, v. 130, n. 4, p. 598-606, 2004.

CLEMENTE, José Manuel. **Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização – um caso de estudo**. 143p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2012.

DEUTSCH, Randy. **BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice**. 1st ed. ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, 2nd Edition. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., 2011.



---

HARTMANN, Timo; GAO, Ju; FISCHER, Martin. **Areas of application for 3D and 4D models on construction projects.** Journal of Construction Engineering and management, v. 134, n. 10, p. 776-785, 2008.

LEINONEN, Jarkko; KÄHKÖNEN, Kalle; HEMIÖ, Tero; RETIK, Arkady; LAYDEN, Andrew. **New construction management practice based on the virtual reality technology.** In ISSA, Raymond; FLOOD, Ian; O'BRIEN, W. (Ed.). **4D CAD and visualization in construction: developments and applications.** Taylor & Francis, 2003.

KHANZODE, Atul, FISCHER, Martin, REED, Dean, BALLARD, Glenn. **A Guide to Applying the Principles of Virtual Design & Construction (VDC) to the Lean Project Delivery Process.** CIFE, Stanford University, 2006.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction, Technical Report No.72 Center for Integrated Facility Engineering.** Department of Civil Engineering, Stanford University (1992).

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Tese de Doutorado no Technical Research Center of Finland, Espoo – Finland, 2000.

OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

SACKS, Rafael; TRECKMANN, Malte; and ROZENFELD, Ophir. **Visualization of Work Flow to Support Lean Construction.** J. of Construction Engineering and Management, Vol. 135, No. 12, pg. 1307-1315. 2009.

SACKS, Rafael; DAVE, Bhargav; KOSKELA, Lauri; OWEN, Robert. **Analysis framework for the interaction between lean construction and building information modelling,** Proceedings for the XVII IGLC, Taiwan, 2010a.

SACKS, Rafael, KOSKELA, Lauri, DAVE, Bhargav, OWEN Robert. **Interaction of Lean and Building Modeling in Construction.** J. of Construction Engineering and Management, Vol. 134, Issue: 5, American Society of Civil Engineers, pg. 968. 2010b.

SAID, Hisham; EL-RAYES, Khaled. **Optimal Material Logistics Planning in Congested Construction Sites.** In: Construction Research Congress 2012@ sConstruction Challenges in a Flat World. ASCE, 2012. p. 1580-1589.



---

SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. **Measuring BIM performance: Five metrics**. Architectural, Engineering and Design Management, v. 8, n. 2, p. 120–142, 2012.  
TÉCHNE. : PINI, v. 149, ago. 2009.

WEBB, Robert ; SMALLWOOD, John; HAUPT, Theo. **The potential of 4D CAD as a tool for construction management**. Journal of Construction Research, v. 5, n. 01, p. 43-60, 2004.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organization”**, Simon and Schuster, 1996.