APLICAÇÃO DO PROGRAMA VICO® NA GESTÃO DA MONTAGEM DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

KANAI, Julia (1); FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli (2)

(1) Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, j192221@dac.unicamp.br;

(2) Professora de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, patricia@fec.unicamp.br

Resumo: *A indústria de pré-fabricação é conhecida por sua rápida montagem em canteiro de obras devido à fabricação prévia dos componentes. Mas, para que os componentes não fiquem estocados na obra, um bom planejamento de projeto e construção é fundamental para garantir a chegada dos componentes no tempo exato para montagem o que favorece na qualidade do produto final. Para isso, é preciso o desenvolvimento de um sistema organizacional integrado, um cronograma da construção para que os materiais sejam fornecidos no tempo estimado, um layout do canteiro para planejar movimentações e um cronograma para gerenciamento das tarefas. O planejamento dos componentes da construção deve ser feito com segurança para prevenir acidentes. O BIM entra neste cenário para fornecer a base para um melhor planejamento e agendamento e ajuda a garantir a chegada justa dos painéis pré-fabricados de concreto. Nesta pesquisa, o objetivo foi utilizar o Vico® para a verificação visual e controle dos processos de montagem dos painéis pré-fabricados de concreto permitindo sugestões de melhorias para procedimentos operacionais.*

Palavras-chave: *Pré-fabricados de concreto, BIM, Montagem.*

Área do Conhecimento: *Tecnologia de componentes para construção – processos de produção e controle*

1 INTRODUÇÃO

O propósito da indústria de pré-fabricados é a rápida montagem e redução do estoque no canteiro de obras devido à fabricação prévia dos componentes. Apesar da fabricação ser praticamente toda automatizada e a montagem ser breve, a vantagem da rapidez dos processos serão afetados se não houver um planejamento de projeto, produção e montagem de cada peça. Os problemas relacionados com o planejamento das operações logísticas de construção, principalmente os fluxos de informação, materiais, pessoas e espaço podem ser classificados em três dimensões da sustentabilidade: econômico, ambiental e social (BHATTACHARJEE et al., 2016).

Mas, para obter um gerenciamento eficiente do projeto, da produção e da obra, são necessárias ferramentas tecnológicas para atualização automática e visualização dos progressos de cada componente pré-fabricado em tempo real, além de compartilhar informações entre todos os participantes. Para obter uma vantagem competitiva, a prioridade da gestão da indústria deve ser a introdução de tecnologias da informação (como BIM, KanBIM, RFID, Internet das Coisas etc.) e o uso de ferramentas de gerenciamento eletrônico (ex: *tablets*, *smartphones* etc.). De acordo com Scheer et al. (2007), o uso da TI tem impulsionado avanços na cadeia produtiva do setor, tais como processos mais integrados, objetivos e flexíveis, possibilitando o uso eficiente do capital, do trabalho e dos recursos.

Os três principais princípios que sustentaram a industrialização da construção são: padronização, pré-fabricação e gestão da qualidade (VRIJHOEF, 2016). A padronização de componentes de construção foi um requisito para sua produção em condições de fábrica (pré-fabricação) que, juntamente com a coordenação dimensional, possibilitou o crescimento da construção de sistemas (CORWLEY, 1998). É necessário dar ênfase à racionalização, à normatização, à repetição, à colaboração, à parceria na cadeia de abastecimento e a um planejamento e gestão de projetos mais eficazes (KAMAR et al., 2010). O processo de industrialização exige que o trabalho também seja padronizado para que os operadores sigam o sistema a fabricação e instalação de componentes de produtos no tempo programado para completar cada tarefa (VRIJHOEF, 2016). Segundo a Norma NBR 16475: 2017, a produção dos painéis de parede pré-moldados deve atender a Norma NBR 9062: 2017 e as seguintes etapas: planejamento da produção, formas, concretagem e cura, aplicação de composto arquitetônico, manuseio, armazenamento e transporte, montagem dos painéis, controle de execução e inspeção.

O planejamento de montagem dos painéis deve atender os requisitos da NBR 9062:2017. Quando necessário, prever ligações ou contraventamentos temporários, especificações de idade e resistência característica do concreto para a desforma, a fim de garantir a segurança da estrutura à estabilidade global e o colapso progressivo durante as situações transitórias de montagem. As informações do local de montagem devem fornecer feedback para a medição de progresso (TURKAN et al., 2012; KIM et al., 2013), rastreamento de equipamentos e materiais (YANG et al. 2010; MEMARZADEH et al., 2013), planejamento de segurança (CHI; CALDAS, 2012) e rastreamento de produtividade (GONG; CALDAS, 2011). Um exemplo de ação necessária em sistemas de gerenciamento de construção é mitigar defeitos e imperfeições que podem ter consequências de tempo e custo. A detecção tardia de tais defeitos é problemática e permite apenas um tempo mínimo para mitigar as implicações de custos e horários prejudiciais associados (AKINCI et al., 2006; D. ARDITI; GUNAYDINL, 1997). De acordo com Nahangi e Haas (2014), cerca de 10% dos orçamentos de construção associados a projetos industriais são atribuíveis ao retrabalho devido à detecção tardia de deficiências em canteiros de obras.

As atividades de monitoramento do progresso da obra estão cada vez mais automatizadas e integradas. As abordagens automatizadas surgiram como ferramentas vantajosas para o gerenciamento de qualidade (AKINCI et al., 2006). As mesmas também são importantes para melhorar a produtividade, o que é primordial nos sistemas de gerenciamento de construção. Para o futuro da indústria da construção espera-se um ambiente de gerenciamento de projetos altamente automatizado, integrado em todas as fases do ciclo de vida do projeto. Este ambiente integrado permite que todos os parceiros do projeto e funções de projeto conectem instantaneamente suas operações e sistemas. Os sistemas, processos e equipamentos automatizados, interconectados, reduzem o tempo e o custo do planejamento, projeto e construção (MEMARZADEH et al., 2013).

O *Building Information Modeling* (BIM) é considerado uma tecnologia de modelagem. Succar et al. (2016) classificou os usos do BIM em três categorias: “Usos Gerais do Modelo”, “Usos de Domínio do Modelo” e “Usos Personalizados do Modelo”. As categorias são subdivididas por nove séries: modelagem geral, captura e representação, planejamento e design, simulação e quantificação, construção e fabricação, operação e manutenção, monitoramento e controle, conexão e extensão, e modelagem personalizada. Esta pesquisa está focada na categoria “Usos de Domínio do Modelo” e na série monitoramento e controle.

Eastman, et al. (2008) defendem que o BIM pode ajudar a transição dos componentes *engineer-to-order* do projeto para a produção, pois permite verificar rapidamente o projeto e coordenar todos os sistemas de construção antes de produzir cada peça. Os benefícios de fabricantes e subcontratados usando BIM incluem, por exemplo, uso de componentes e detalhes padrão; estimativa de custos automatizada; tempos de ciclo reduzidos para design detalhado; eliminação de erros de coordenação de design; dados para impulsionar tecnologias de fabricação automatizadas, pré-montagem e pré-fabricação melhoradas; análise de informações relevantes de rastreamento de produtividade, facilitando assim o planejamento e controle de produção na fábrica e durante a instalação de campo (TILLMANN et al., 2015). Além disso, a integração entre BIM e construção enxuta pode criar os efeitos de sinergia em obras, melhor os processos e minimizar desperdícios (SACKS, et al., 2009). O modelo pode ser integrado ao planejamento de recursos humanos, equipamentos e materiais para melhor planejamento do espaço antes do processo de construção (ANUMBA, et al., 2010). Um benefício mais atraente para os fabricantes de componentes de pré-fabricados de concreto é que os modelos BIM fornecem ao fabricante dados valiosos para apoiar a integração de projetos, fabricação, construção e até mesmo os processos de operação e manutenção. Zhanga et al. (2016) utilizou os dados em um modelo BIM para suportar todo o processo de fabricação de painéis modulares, incluindo o pedido de materiais, logística na fábrica, embalagem, estocagem e transporte para o local de construção (ZHANGA et al., 2016).

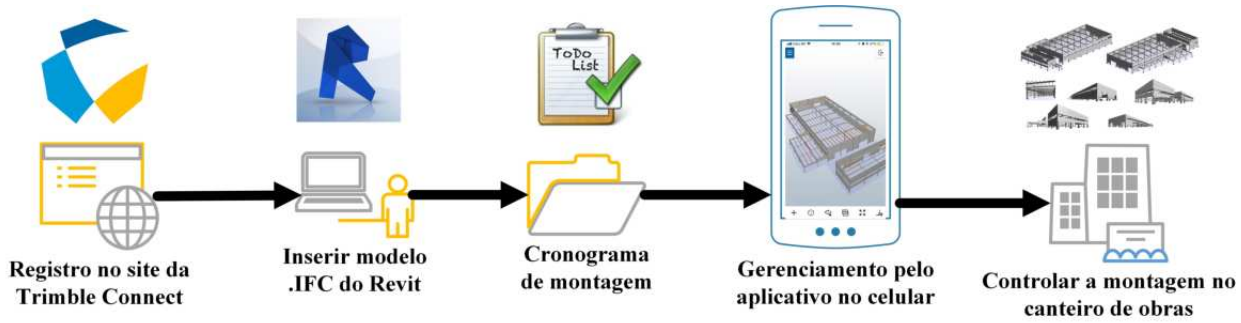
O objetivo do artigo é avaliar eficácia do Vico® no controle de montagem dos painéis pré-fabricados de concreto analisando a troca de informações, acompanhamento visual do progresso e melhoria do fluxo de informação entre as equipes de planejamento e montagem.

2 MÉTODO

A pesquisa baseou-se em um estudo de caso realizada em uma obra do estado de São Paulo e os resultados foram analisados de forma qualitativa. A obra consiste em um galpão composto de duas partes: um galpão maior e um anexo. O galpão maior tem 90 metros de comprimento, 63,05 metros de largura e 12,50 metros de altura. O anexo tem 14,90 por 56,60 metros e 11,40 de altura. A distância entre os dois é de 13,05 metros. O total de painéis desta obra é 161. A montagem foi iniciada no início de setembro de 2018 e acabou final de outubro de 2018. Os autores utilizaram a versão grátis da Trimble Connect que permite um

projeto, cinco membros do projeto e até 10GB de espaço de armazenamento de arquivos e dados. A sequência de etapas para gerenciamento da montagem de painéis baseada em Vico® pode ser vista na Figura 1 abaixo, que se inicia pelo registro no site da Trimble Connect para criar um *login* e senha de acesso; depois insere-se o modelo 3D em formato IFC; o cronograma de montagem é feito pela aba "*ToDo*" onde é designado a data para instalação e o membro da equipe responsável por esta tarefa; por último o responsável pela tarefa acessa pelo celular no canteiro de obras e define se a tarefa está em progresso, feito, esperando ou fechado/parado.

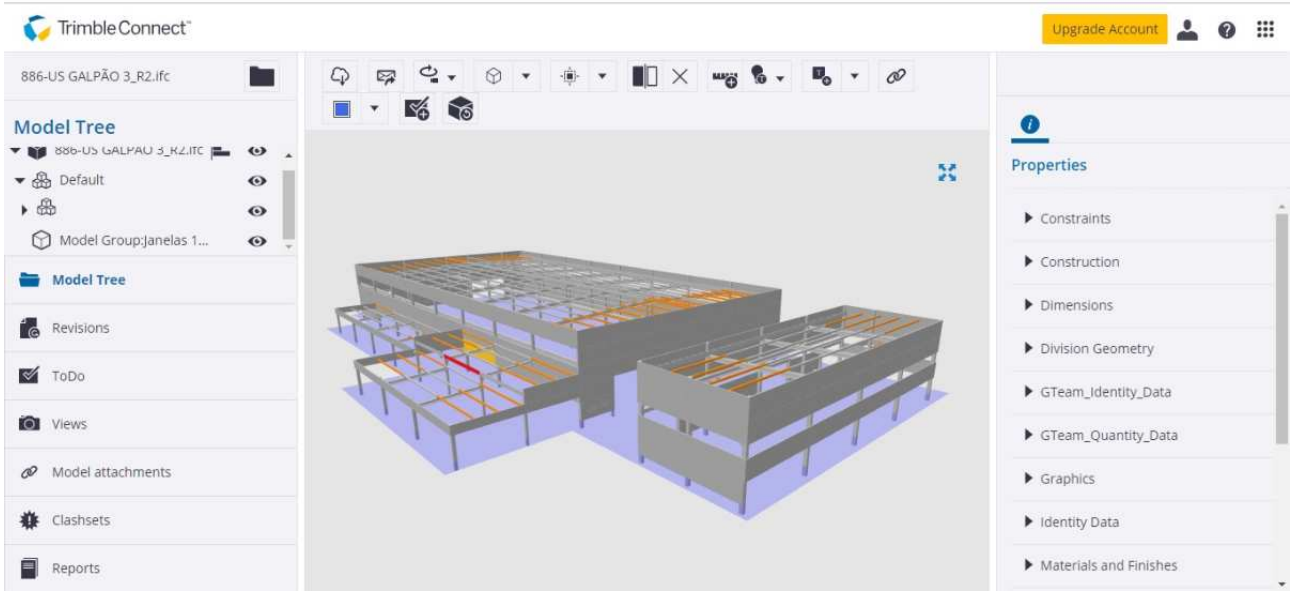
Figura 1 – Sequência de etapas para gerenciamento da montagem baseada em Vico®



Fonte: os autores (2019).

No site, foi inserido o modelo 3D do galpão em formato IFC na aba *"+Add*" e em "*Upload files*". O Vico® importa todas as propriedades do modelo, como dimensões da peça, comprimento, largura, altura, tipo de material, links com outros arquivos, comentários e revisões feitas pelos membros da equipe como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Visualização 3D do galpão no Vico®



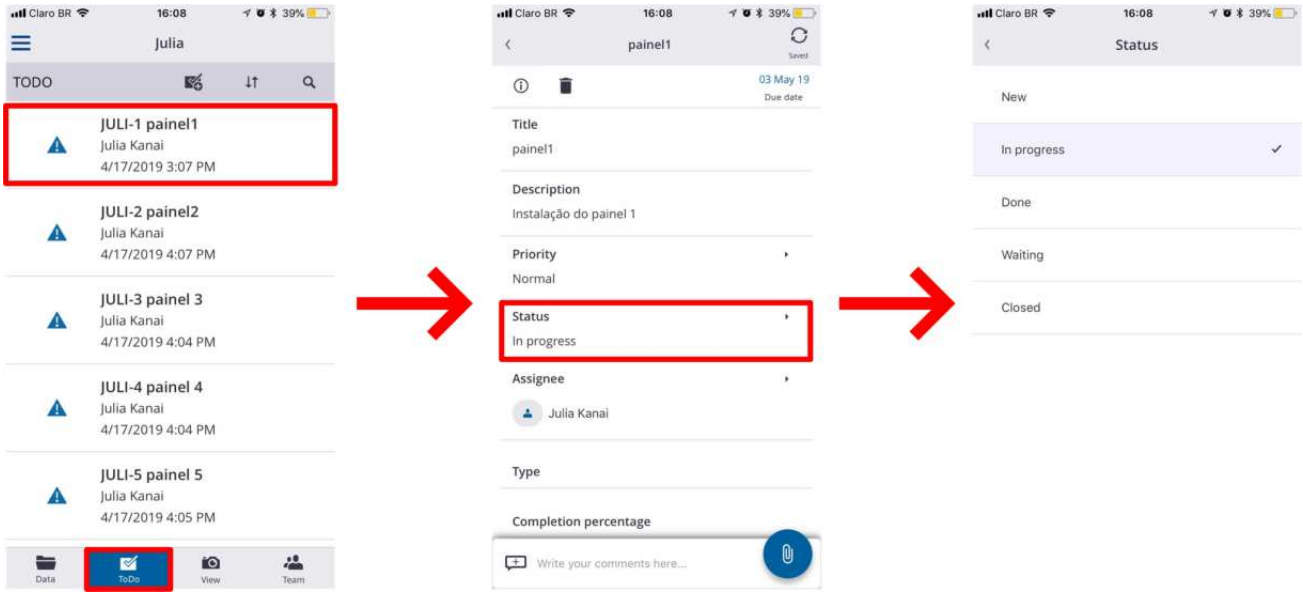
Fonte: os autores (2019)

O modelo 3D pode ser rotacionado e movido de forma a proporcionar uma visualização 360º. O programa permite adicionar medidas, texto, desenho de nuvem, seta e linha no modelo a fim de dar destaque à uma peça ou inserir comentários no desenho. As tarefas são criadas pela aba "*ToDo*", no caso da pesquisa, cada tarefa é um painel a ser instalados. Para cada tarefa, define-se o título, a descrição, a prioridade (baixa, normal, alta ou crítica), a data prevista para execução e o responsável pela tarefa. Estas tarefas podem ser criadas e controladas tanto pelo site quanto pelo aplicativo.

No aplicativo, para gerenciar cada montagem de painel, primeiro acessa a aba "*ToDo*", depois seleciona o painel e escolhe o *status* da execução da montagem: novo (*new*), em progresso (*in progress*), feito (*done*), esperando (*waiting*) e fechado (*closed*) como mostra na Figura 3. Quando uma tarefa é criada e designada à

um membro da equipe registrado no Vico®, este membro recebe a tarefa, a descrição, a data e todos os detalhes por e-mail automaticamente. Todas as alterações nos *status* das tarefas são sincronizadas em tempo real com o site. Portanto, a equipe de obra envia as alterações dos *status* das tarefas pelo celular e a equipe de projeto e planejamento recebem a atualização das tarefas pelo computador na mesma hora. Isso facilita a comunicação entre as equipes para ter ciência do progresso da obra e possíveis tomadas de decisão, se houver.

Figura 3 – Gerenciamento do *status* da montagem pelo aplicativo



Fonte: os autores (2019)

3 RESULTADOS

A primeira vantagem identificada foi a praticidade de visualização e consulta de dados do projeto no canteiro de obras. Com o aplicativo Vico® no *smartphone*, foi possível acessar todas as propriedades dos painéis como área, comprimento, largura, espessura, material, dentre outras. Além disso, o aplicativo possibilita também visualizar o modelo 3D rotacionado e aproximando para identificar o local de montagem e os detalhes do painel. Isto facilitou a visualização do engenheiro de obra em comparação com desenhos 2D em papel A0 que são menos práticos para visualizar e identificas as características dos painéis.

Outra vantagem foi a melhoria na comunicação entre as equipes. A equipe de planejamento pode enviar uma tarefa do painel a ser instalado com a data que deve ser concluído e atribuir ao engenheiro da obra. No momento em que atribui esta tarefa à um membro na equipe, este recebe uma notificação por e-mail. O engenheiro da obra pode também acessar pelo aplicativo, todos os painéis a serem instalados com os prazos estabelecidos pela equipe de planejamento. Da mesma forma, o engenheiro de obra pode modificar o status do painel (novo, em progresso, completo, esperando e fechado) conforme seu progresso. Assim, a equipe de planejamento fica ciente da mudança de status a partir do site no escritório em tempo real. Desse modo, a gestão de montagem se tornou mais eficaz devido à praticidade da visualização e integração das equipes com Vico®.

4 CONCLUSÕES

A conclusão da pesquisa destaca que houve melhoria dos processos pré-fabricados de concreto por meio da gestão integrada e monitoramento em tempo real. Uma das vantagens observadas do Vico® foi a melhoria na comunicação entre as equipes de planejamento e canteiro de obras. Outra vantagem foi que o modelo 3D favoreceu os operadores visualizarem a sequência de montagem em tempo real. A melhor visualização dos processos e controle trouxe um grande impacto na qualidade do produto final, bem como, melhoria da gestão de montagem, redução de desperdícios, atendimento do prazo em tempo determinado e melhoria na comunicação entre as equipes de projeto e obra.

5 REFERÊNCIAS

AKINCI, B. et al. A formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control. Automation in Construction, v. 15, n. 2, p. 124–138, 2006.

ANUMBA, C. et al. The BIM Project Execution Planning Guide and Templates. University Park, PA, USA: Department of Architectural Engineering, The Pennsylvania State University. 2010.

ARDITI, D.; GUNAYDIN, H. M. Total quality management in the construction process. International Journal of Project Management, v. 15, n. 4, p. 235–243, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16475 Painéis de parede de concreto pré-moldado – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado; Rio de Janeiro, 2017.

BHATTACHARJEE, S. et al. Adoption of Pre-Fabrication in Construction to Achieve Sustainability Goals: An Empirical Study. Construction Research Congress, p. 1050-1060, 2016.

CORWLEY, A. Construction as a manufacturing process: Lessons from the automotive industry. Computers and Structures, v. 67, n. 5, p. 389-400, 1998.

CHI, S.; CALDAS, C.H. Image-based safety assessment: automated spatial safety risk identification of earthmoving and surface mining activities. Journal of Construction Engineering and Management, v. 138, n. 3, p. 341–351, 2012.

EASTMAN, C. M. et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling of Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, 2008.

GONG, J.; CALDAS, C.H.; An object recognition, tracking, and contextual reasoningbased video interpretation method for rapid productivity analysis of construction operations. Automation in Construction, v. 20, n. 8, p. 1211–1226, 2011.

KAMAR, K. A. M. et al. The Critical Success Factors (CSFs) to the Implementation of Industrialized Building System (IBS) in Malaysia. Proc.18TH CIB World Building Congress, 2010, Rotterdam, Holanda.

KIM, C. et al. Automated construction progress measurement using a 4D building information model and 3D data. Automation in Construction, v. 31, p. 75–82, 2013.

MEMARZADEH, M. et al. Automated 2D detection of construction equipment and workers from site video streams using histograms of oriented gradients and colors. Automation in Construction, v. 32, p. 24–37, 2013.

NAHANGI, M.; HAAS, C. T. Automated 3D compliance checking in pipe spool fabrication. Advanced Engineering Informatics, v. 28, p. 360–369, 2014.

SACKS, R. et al. Visualization of Work Flow to Support Lean Construction. Journal of Construction Engineering and Management, v. 135, n. 12, p. 1307-1315, 2009.

SCHEER, S. L. et al. The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications' experience. Special issue: construction information technology in emerging economies. International Journal of IT in Architecture, Engineering and Construction, v.12, n. 13, p. 193-206, 2007.

SUCCAR, B. et al. Model Uses: Foundations for a Modular Requirements Clarification Language. Australasian Universities Building Education (AUBEA2016), Cairns, Australia, July 6-8, 2016.

TILLMANN, P. et al. BIM and Lean in the design-production interface of ETO components in complex projects. Proc.23rd Annual Conf. of Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 23), 2015, Perth, Australia.

TURKAN, Y. et al. Automated progress tracking using 4D schedule and 3D sensing technologies. Automation in Construction, v. 22, p. 414–421, 2012.

VRIJHOEF, R. Effects of Lean Work Organization and Industrialization on Workflow and Productive Time in Housing Renovation Projects. Proc.24th Annual Conf. of Int'l. Group For Lean Constr. (IGLC 24), 2016, Boston, USA.

YANG, J. et al. Tracking multiple workers on construction sites using video cameras. Advanced Engineering Informatics, v. 24, n. 4, p. 428–434, 2010.

ZHANGA, J. et al. BIM-enabled Modular and Industrialized Construction in China. Proc. Int'l. Conf. on Sustainable Design, Eng. and Constr. (ICSDEC), 2016, Tempe, USA.