

# 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, melhorar 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).

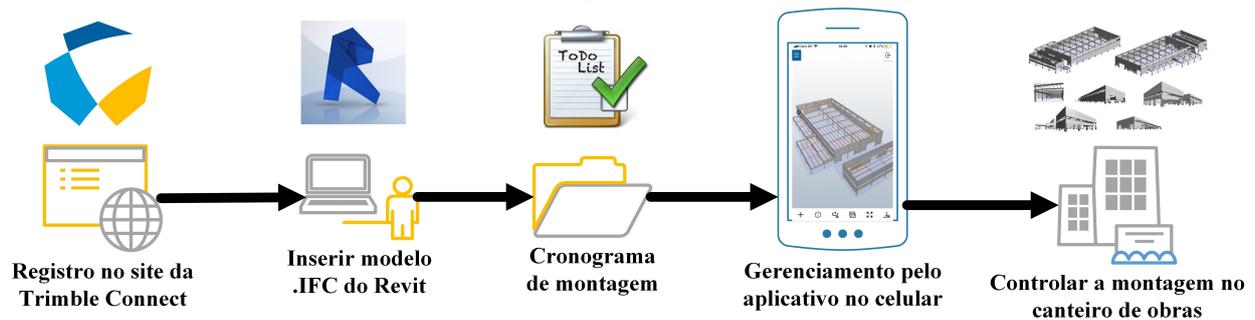
O objetivo do artigo é avaliar a eficácia do Vico® no controle de montagem dos painéis pré-fabricados de concreto analisando a troca de informações, acompanhamento visual do progresso e melhoria do fluxo de informação entre as equipes de planejamento e montagem.

## 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.

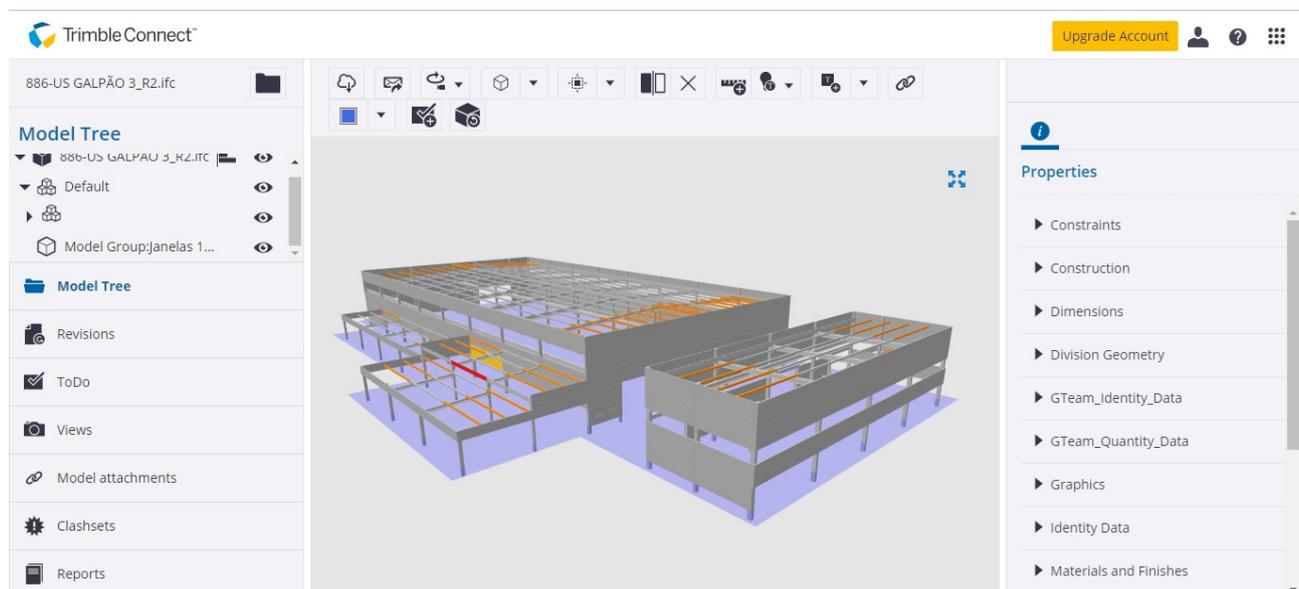
Figura 1 – Sequência de etapas para gerenciamento da montagem baseada em Vico®



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®



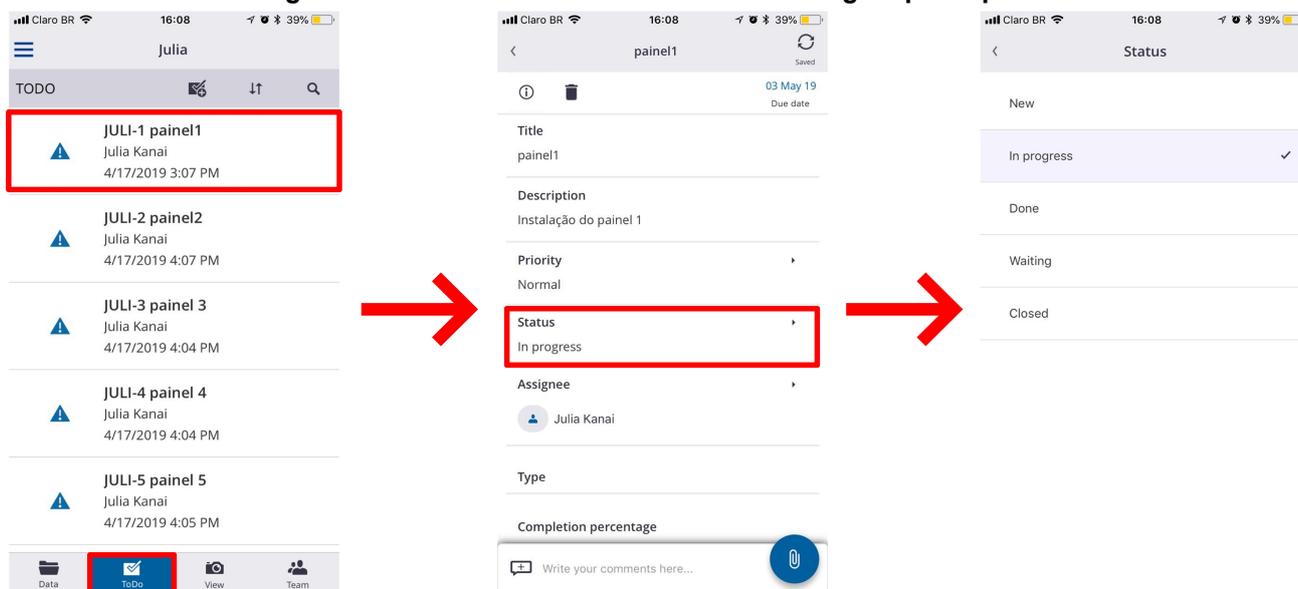
Fonte: os autores (2019)

O modelo 3D pode ser rotacionado e movido de forma a proporcionar uma visualização 360°. 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 identificar 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 a 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.