MENSURAÇÃO DA PERDA POR ESPERA NA PRODUÇÃO DE PILARES PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

RUIZ, Phelipe Viana; FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli

(1) Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, phelipevruiz@gmail.com;

(2) Faculdade de Engenharia Civil, Unicamp, pspucha@gmail.com;

Resumo: *A melhoria do controle e produtividade das construções é necessária para a sobrevivência das construtoras do setor da construção civil. Um dos meios propostos para atingir tais melhorias é por meio da industrialização do processo construtivo. Para a industrialização do setor, propõe-se o deslocamento de atividades para fora do canteiro de obras, contemplando a utilização de elementos pré-fabricados. Ainda que estes elementos sejam executados em ambientes de maior controle e eficiência, ainda assim apresentam problemas relativos a produtividade e desperdício. Dentro deste cenário, uma das ferramentas que auxiliam a visualizar estes desperdícios e perdas ao longo do processo é o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). No intuito de auxiliar o gestor a visualizar os gargalos e perdas de sua linha de produção e atividades e processos que não agregam valor, realizou-se um mapeamento da linha de produção de pilares pré-fabricados, mensurando as perdas e gargalos por entre as atividades. Este estudo resultou na visualização do fluxo produtivo como um todo, auxiliando aos gestores a visualizarem as atividades e pontos de maiores perdas ao longo de sua linha de produção, proporcionando ao gestor uma informação valiosa para embasar sua tomada de decisão.*

Palavras-chave: *Tomada de Decisão, Controle de Produção, Pré-fabricados, Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)*

Área do Conhecimento: Tecnologia de sistemas construtivos

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos principais setores da economia; entretanto ainda se caracteriza por apresentar baixa produtividade e pouco controle na produção. Este cenário resulta em desperdícios de tempo e recursos e, uma imprevisibilidade dos mesmos, tendo-se que impor altos percentuais de incerteza, além da deficiência de projetos e inúmeras improvisações. Opondo-se a este cenário, as empresas dispostas a permanecer no mercado competitivo tiveram de buscar novos posicionamentos e aperfeiçoamentos de suas cadeias produtivas e gerenciais. Para compreender a cadeia de suprimentos como um todo, procuraram por formas de minimização de gastos, prazos e desperdícios. Com isso, os estudos na área de gestão e planejamento tornaram-se cada vez mais valorizados, para assim, aumentar as margens de lucro, qualidade, satisfação do cliente e velocidade de produção.

A melhoria da qualidade e produtividade das construções é essencial para a sobrevivência das construtoras e um dos modos de atingi-la é com a industrialização do processo construtivo. Na industrialização do processo construtivo, migra-se das técnicas artesanais de baixa produtividade e utilização intensiva de recursos cada vez mais escassos como, por exemplo, a mão de obra empregada, para as mais industriais possíveis. Para Wang et al. (2012), a montante e a jusante, a indústria é pressionada para projetar linhas de fabricação mais eficientes, controlar os custos de materiais e trabalhistas, para fabricar apenas o necessário para evitar desperdícios por conta de alterações dos pedidos e para fazer a entrega *just-in-time* (JIT), visando minimizar os custos de armazenamento e manuseio.

A pré-fabricação é uma forma de industrialização que transfere algumas etapas do projeto de uma construção do canteiro para uma instalação de produção fora do local de execução (WANG; HU, 2017). É um desafio ao setor de pré-fabricados de concreto produzir os elementos de concreto feitos sob medida para que possam ser entregues em canteiro conforme necessário. Pra isso, as fábricas precisam trabalhar em colaboração com projetistas e se atentar aos detalhes como dimensões, materiais e requisitos de resistência (WANG et al., 2012).

Os atuais métodos de produção para a construção de elementos pré-fabricados de concreto estão se tornando gradualmente insuficientes para atender às demandas da indústria. A maioria das fábricas pré-fabricadas incorpora linhas de produção de moldagem fixa para produzir elementos estruturais como vigas, lajes e pilares. O processo de construção de pré-moldados, por exemplo, precisa ser revisado de modo a controlar os custos, além de melhorar a alocação de recursos, a produção e o controle de qualidade (CHEN; YANG; TAI, 2016).

A mentalidade enxuta (*lean thinking*) é um paradigma de engenharia emergente que visa ajudar a suavizar o fluxo de produção e informação, minimizando a variação, o desperdício de material, tempo e recursos humanos, e melhorando a coordenação e a qualidade da produção. Dentre as ferramentas *lean* existe o mapeamento do fluxo de valor (MFV). Por meio do MFV, falhas e lacunas no fluxo de materiais e informações são demonstrados de forma clara e consistente, permitindo uma conversação inteligente entre os agentes envolvidos para a identificação das causas de desperdícios (FONTANINI, 2009). Com base neste cenário da pré-fabricação e visando a melhoria da eficiência de seu fluxo produtivo, este estudo teve como objetivo mensurar o impacto das perdas por espera entre atividades ao longo do processo de produção de pilares pré-fabricados de concreto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Pré-fabricados de Concreto

A indústria de construção pré-moldada é frequentemente caracterizada por complexidades, ambientes não integrados e fragmentação. O setor da construção pré-fabricada tornou-se um dos principais elementos da cadeia de suprimentos da construção, que consiste na gestão eficiente de várias atividades que contribuem para o fluxo de serviços, produtos e materiais entre os fornecedores, clientes, fabricantes, arquitetos/engenheiros, empreiteiros gerais, consultores, subcontratados e desenvolvedores (ABEDI et al., 2016).

De acordo com Spadeto (2011), no processo de fabricação dos elementos pré-fabricados, os encarregados da produção e controle da qualidade devem seguir manuais técnicos preparados pela empresa, que apresentem as especificações e procedimentos relacionados a formas, armadura, concreto, manuseio e armazenamento e as tolerâncias exigidas. Todas as etapas devem possuir registro por escrito, em documentação adequada, na qual constem claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada, onde os elementos são identificados individualmente ou por lotes de produção.

2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor

Rother e Shook (2012) definem o mapeamento do fluxo de valor como uma ferramenta que utiliza papel e lápis e auxilia na visualização e entendimento do fluxo de materiais e de informações, na medida em que o produto segue o fluxo de valor. Assim, o MFV consiste no acompanhamento da trilha de produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, sendo desenhada uma representação visual de cada processo nos fluxos de materiais e informações.

A primeira etapa do MFV é selecionar uma família de produtos, a qual deve conter produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e que utilizam o mesmo maquinário. A segunda e a terceira etapas do MFV são desenhar os mapas dos estados atual e futuro, respectivamente, o que é feito por meio da coleta de informações no “chão-de-fábrica”. Estes mapas são esforços superpostos, já que as ideias sobre o estado futuro surgirão enquanto se estiver desenhando o mapa do estado atual. Da mesma forma, as informações sobre o estado atual que não haviam sido percebidas virão à tona enquanto se estiver desenhando o mapa do estado futuro. A quarta etapa do MFV é preparar um plano de implementação, o qual deve descrever, em uma única página, como se planeja chegar ao estado futuro (QUEIROZ, 2011).

3 MÉTODO

Para a condução deste estudo, o método utilizado foi o Estudo de Caso. O processo se iniciou pela escolha de linhas de produção de pilares pré-fabricados como a família de produtos para este trabalho. Esta escolha se deu por fatores ligados ao cenário encontrado no local de estudo de caso, os quais limitaram quais linhas de produção poderiam ser escolhidas, e pelo fato da linha de produção de pilares estar presente em grande parte das fábricas de pré-fabricados, o que torna os resultados deste trabalho mais próximos da realidade de outras instalações fabris.

Definida a família de produtos, iniciou-se o processo de elaboração do MFV do estado atual desta linha de produção, o qual permitiu um melhor entendimento do funcionamento do fluxo da linha de produção, a visualização dos gargalos e a mensuração dos tempos de espera entre as atividades. Além do MFV, com os dados coletados, também foram definidas as distribuições probabilísticas que representam estes tempos de espera entre atividades. O tempo total de coleta foi de dois meses, sendo mapeados desde o recebimento das matérias primas do concreto, a linha de produção das armações, até a saída da peça concretada do estoque para a obra. O estudo foi conduzido em uma fábrica de pré-fabricados de médio porte, localizada no Estado de São Paulo, nomeada neste trabalho de Empresa A. A Empresa A possui Nível III do Selo de Excelência ABCIC, com linhas de produção de blocos de fundação, vigas baldrames, pilares, vigas calhas, vigas I, vigas terças, escadas, viga retangular, viga vaso, docas, painéis e painéis duplos.

Durante a condução deste trabalho, os pilares produzidos tinham como característica comum serem de seção 40x50. As atividades analisadas e mapeadas se iniciaram com os pedidos feitos pelo PCP (Planejamento e Controle de Produção) aos fornecedores de matérias primas. Foram mapeadas o recebimento do aço, cimento, areia, brita e aditivos. Foram contabilizados os tempos, equipamentos e números de funcionários envolvidos em todas as atividades existentes entre o recebimento dos materiais e a expedição da peça produzida. O processo era constituído pelas etapas: Dobra dos estribos; corte das barras; montagem da armadura; saque das armações; posicionamento dos consolos; limpeza da forma; preparo da forma; posicionamento da armadura; posicionamento dos acessórios; fechamento da forma; carregamento do silo de aditivo; carregamento do silo de cimento; carregamento dos silos de agregados; preparo do concreto; concretagem; cura do concreto; abertura da forma; saque da peça; transbordo entre galpões; acabamento das peças e; expedição para o cliente.

4 RESULTADOS

Para melhor visualizar o fluxo de produção de pilares como um todo, foi desenvolvido o mapa de fluxo de valor do estado atual, conforme apresentado na Figura 1. Para os tempos de ciclo, calculou-se um valor médio do tempo necessário para a realização da atividade. Com relação ao número de funcionários, calculou-se a média de funcionários utilizados e adotou-se o maior número inteiro mais próximo. Quanto aos tempos das atividades, para inserir no MFV foi considerado um valor médio, entre os tempos coletados.

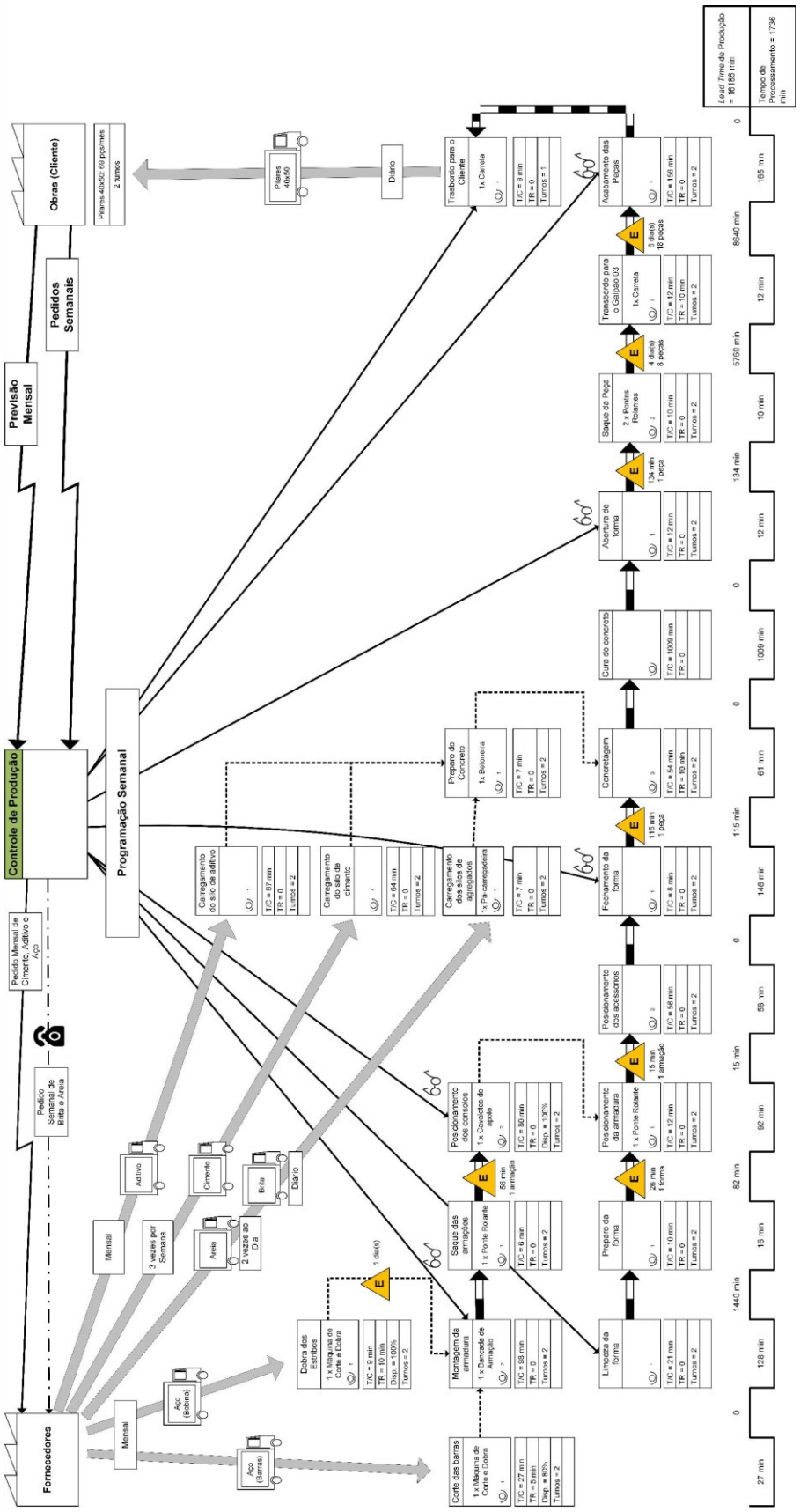
Ao analisar os tempos, desconsiderando-se os tempos de estoque e armazenamento das peças produzidas, o tempo total referente a esperas no processo foi de 1786 min. Esses tempos de espera eram oriundos da falta de nivelamento entre as atividades do fluxo de produção, onde ocorriam muitas vezes de estarem faltando recursos para dar início à próxima etapa ou devido a ocorrência de algum problema com os materiais e locais de trabalho.

Um dos principais fatores identificados que impactaram o fluxo quanto as perdas por espera foi o fato dos estoques da instalação terem atingido sua capacidade máxima. Esse cenário resultava na impossibilidade de realizar o saque das peças, o que consequentemente impedia o início da limpeza e preparo da forma para a produção da próxima peça. Outro fator que teve grande impacto sobre os tempos de espera foi entre o fechamento da forma e o início da concretagem.

Esse tempo de espera teve origem pelo fato da fábrica possuir múltiplas peças produzidas simultaneamente, porém com apenas uma betoneira para atender à toda esta demanda. Em um cenário de falta de sequenciamento de produção, as atividades de concretagem acabavam por ocorrer simultaneamente em diferentes linhas de produção, o que gerava tempos de espera maiores para o fluxo de produção de pilares. Quando funcionando em maior sincronia, todos os trabalhos previstos se concluíam dentro do dia de trabalho, sem interferência no dia de produção seguinte.

Ao longo do acompanhamento do fluxo de produção foi possível identificar que as perdas por espera eram as de maior impacto na linha de produção. Com a falta de sincronização e de um sistema puxado de produção entre suas atividades, essas esperas acabavam por impactar a produção das peças daquele dia trabalho. Com esses altos tempos de espera, em aproximadamente 20% do período observado este atraso trouxe um impacto no dia seguinte de trabalho, acarretando ou em um atraso no cronograma de produção da fábrica, ou criando a necessidade de pagamento de hora extra para conclusão da produção ou no agendamento de trabalho aos sábados para corrigir os atrasos da semana.

Figura 1 - MFV do Estado Atual da linha de produção de pilares pré-fabricados



Fonte: RUIZ (2019).

5 CONCLUSÕES

Por meio da aplicação da ferramenta *lean* MFV identificou-se que, com relação aos 1736 min de tempo de processamento dos pilares, tempo que efetivamente era destinado a atividades que agregavam valor ao produto, gastava-se 1,03 vezes mais tempo com as esperas entre as atividades. Referente ao *lead time*, o tempo de espera representa cerca de 11%, o que evidência o impacto deste tipo de perda ao longo do processo produtivo.

Ao longo do desenvolvimento do MFV foi possível observar que estes tempos tinham origem principalmente pela falta de nivelamento e do sequenciamento da produção, nas quais as atividades eram realizadas de forma isolada e, nas atividades de encontro destes diferentes fluxos, ocorria um desencontro, ficando uma das partes em espera. Essas esperas ocorriam principalmente nos encontros entre os fluxos de preparo da fôrma e das armaduras e na etapa de concretagem, devido aos conflitos entre as diferentes linhas de produção. O MFV permitiu a visualização dos locais onde estas perdas tinham maior impacto e suas causas, permitindo ao tomador de decisão focar seus esforços nestes pontos do fluxo produtivo para mitigação de tais perdas e correção de tais gargalos.

Outro ponto do fluxo com presença perdas por espera de maior impacto era a atividade de posicionamento de consolos no corpo das armações. Este processo era realizado por meio de amarração com arame recozido e que, para ser iniciado, necessitava da liberação de dois operários de armação e da dobra e ajuste dos consolos, o que gerava a espera da armação sobre a bancada de solda. Desta forma indica que o fluxo existente se trata de um sistema empurrado de produção, com cada uma das áreas de produção atuando individualmente e empurrando seu produto para a próxima atividade.

Este estudo evidência o impacto das perdas por espera em um fluxo de produção de pilares pré-fabricados, demonstrando que, se removidos, conseguiriam no estudo de caso reduzir em cerca de 11% o tempo de produção de cada peça. Essa redução permitiria uma maior produtividade para a instalação, conseguindo melhor atender à sua demanda e até redimensionar suas equipes, diminuindo os custos investidos no processo produtivo. Para isso fica clara a necessidade da realização do MFV, o qual da base para que seja possível identificar tais pontos de perda e realizar um trabalho, junto com a gerência, para a correção dos problemas observados e o nivelamento desta produção.

6 REFERÊNCIAS

ABEDI, M. et al. Integrated Collaborative Tools for Precast Supply Chain Management. Scientia Iranica, v. 23, n. 2, p. 429–448, 2016.

CHEN, J. H.; YANG, L. R.; TAI, H. W. Process reengineering and improvement for building precast production. Automation in Construction, v. 68, p. 249–258, 2016.

FONTANINI, P. S. P. Análise do impacto potencial da aplicação dos princípios da mentalidade enxuta nos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos da construção civil a partir de simulação. 2009. 324 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

QUEIROZ, J. A. DE. Produção Enxuta: Uma Síntese dos Aspectos Teóricos e Práticos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), 31, Belo Horizonte, 2011. Anais... Belo Horizonte, 2011

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1. ed. São Paulo, Lean Institute Brasil, 2012.

RUIZ, P. V. A simulação computacional como ferramenta de auxílio à tomada de decisão na produção de elementos pré-fabricados. 2019. 264 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

SPADETO, T. F. Industrialização na construção civil – uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto. 2011. 212 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória, 2011.

WANG, C. et al. Causes and Penalties of Variation : Case Study of a Precast Concrete Slab Production Facility. Journal of Construction Engineering and Management, v. 138, n. June, p. 775–785, 2012.

WANG, Z.; HU, H. Improved Precast Production–Scheduling Model Considering the Whole Supply Chain. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 31, n. 4, p. 04017013, 2017.