Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

# [1]MELHORIAS NA PRODUÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO DO TIPO ENGINEER-TO-ORDER POR MEIO DO MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Improvements in Engineer-to-order concrete prefabricated production through Value Stream Mapping

**Guilherme Luiz Canzian Marion**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | canzianguilherme@gmail.com

**Gustavo Oliveira Pinto**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | gustavop@id.uff.br

**Priscilla Vanessa Pereira dos Santos**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | priscilla.vanessa01@gmail.com

**Iamara Rossi Bulhões**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | iamara.bulhoes@ufrgs.br

**Daniela Dietz Viana**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | danidietz@gmail.com

**Eduardo Luis Isatto**
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | isatto@ufrgs.br

## RESUMO

Diante da crescente industrialização e personalização da construção civil, a utilização de sistemas pré-fabricados do tipo Engineer-to-Order (ETO) é uma estratégia que tem sido cada vez mais utilizada. Não obstante os potenciais benefícios, o sistema produtivo de uma planta de pré-fabricados está frequentemente sujeito à elevada variabilidade de demanda e baixa sincronização entre os setores de projeto, produção e montagem. Essas características afetam os tempos de produção e oportunizam o surgimento de grandes estoques para absorver a incerteza. Dessa forma, o presente artigo possui como objetivo investigar a aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) para diagnosticar um sistema pré-fabricado em concreto do tipo ETO e indicar ações de melhoria. A partir da análise do estado atual da produção de painéis de fechamento de concreto em uma fábrica por meio do MFV, foi proposto um estado futuro que incorpora melhorias nesse sistema produtivo, tais como: a utilização de planos de carga, definição de tamanho de lotes, criação de supermercados, sistemas Kanban e redução do lead time. Apesar dessas melhorias não terem sido efetivamente implementadas, o estudo contribui para o entendimento e desenvolvimento de soluções para sistemas de produção pré-fabricados do tipo ETO.

**Palavras-chave:** MFV; Pré-fabricação; ETO; Lead Time; Kanban.

## ABSTRACT

*In a context of growing industrialization and customization of civil construction, the use of Engineer-to-Order (ETO) prefabricated systems has strategically been increased. Despite the potential benefits, the production system of a precast plant is often subject to high demand variability and low synchronization between the design, production and assembly sectors. These characteristics affect production times and create opportunities for large inventories to absorb uncertainty. Thus, the aim of this article is to investigate the application of Value Stream Mapping (VSM) to diagnose an ETO precast concrete system and indicate improvement actions. From the analysis of the current state of the production of concrete panels in a factory using VSM, a future state was proposed in order to incorporate improvements in that production system, such as: the use of plans of load, definition of lot sizes, creation of supermarkets and Kanban systems and lead time reduction. Although these improvements have not been effectively implemented, the study contributes to the understanding and development of solutions for ETO prefabricated production systems.*

**Keywords:** VSM; Prefabrication; ETO; Lead Time; Kanban.

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mercado que exige continuamente maior qualidade, menor custo e entregas no prazo, o uso de componentes pré-fabricados é uma estratégia enxuta adotada por construtores que buscam inovar para obter maior sucesso (NAHMENS; MULLENS, 2011). A industrialização da construção é capaz de melhorar a

[1]MARION, G. L. C.; PINTO, G O.; SANTOS, P. V. P.; BULHÕES, I. R.; VIANA; D. D.; ISATTO, E. L. Melhorias na produção de pré-fabricados de concreto do tipo engineer-to-order por meio do mapeamento do fluxo de valor. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 13., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

eficiência da construção, melhorar os produtos oferecidos e aumentar o desempenho sustentável dessa indústria (WANG et al., 2020). Em geral, a pré-fabricação oportuniza a diminuição dos tempos investidos em execução de tarefas no canteiro de obras, a redução do *lead time* e da complexidade no local da obra, tornando os processos de planejamento e controle mais simples (LARSSON; SIMONSSON, 2012). Entretanto, Peñaloza et al. (2016) destacam que esse tipo de produção, classificada como *Engineer-to-Order* (ETO), requer sincronização entre os setores de projeto, manufatura e construção para contornar os efeitos da alta incerteza, como, por exemplo, interrupções e baixos níveis de estoque. Além disso, de acordo com Ballard e Arbulu (2004), contratos de pagamentos influenciam um ideal de produção em massa, caracterizado por longos períodos de produção e entregas antecipadas.

O sistema de produção do tipo ETO é definido por Bertrand e Muntslag (1993) como um sistema cujos produtos são feitos sob medida e únicos, em que antes do recebimento do pedido do cliente, as informações e especificações são insuficientes para a fabricação. Neste cenário, características de complexidade e incertezas são frequentemente presentes (MATT, 2014; VAAGEN; KAUT; WALLACE, 2017). As incertezas são geralmente associadas a especificações do produto, demanda futura, capacidades produtivas, prazos e preços (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Essas incertezas aumentam a complexidade dos projetos ETO, que é agravada por fatores como: *lead time* curto, mudanças de projeto durante a fase de produção, gerenciamento da alocação de recursos de fábrica e montagem para diferentes projetos (VAAGEN; KAUT; WALLACE, 2017; BATAGLIN; VIANA; FORMOSO, 2022).

A aplicação de conceitos da *lean production* (LP) tem o potencial de trazer benefícios para sistemas pré-fabricados do tipo ETO, como por exemplo a redução do *lead time*, ou seja, do tempo necessário entre o pedido e a entrega (BALLARD; ARBULU, 2004). De acordo com esses autores, *lead times* mais elevados possuem como principais consequências a extensão da duração de projetos, a tomada de decisões de projeto prematuras e estoques em excesso. Nesse contexto, o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma importante ferramenta para auxiliar no mapeamento dos processos em uma indústria e propor melhorias para obter um fluxo de valor melhor (ROTHER; SHOOK, 2009). Segundo tais autores, o MFV consiste em rastrear o caminho percorrido por um produto desde o fornecedor até o cliente e representar visualmente todos os processos envolvidos nos fluxos de materiais e informações. E a partir desse diagnóstico, são propostas melhorias e soluções que constituem um mapa de estado futuro, buscando a implementação de um fluxo de valor enxuto (ROTHER; SHOOK, 2009).

Diante desse arcabouço teórico, o objetivo deste trabalho é investigar o potencial da aplicação do MFV para diagnosticar um sistema do tipo ETO em uma planta de pré-fabricação, indicando possíveis ações de melhorias. Foi desenvolvido um estudo em uma empresa de componentes pré-fabricados em concreto, com o objetivo de obter um estado futuro que elimine as fontes de desperdício do fluxo de valor, a partir dos princípios da LP. Destaca-se, por fim, que o estudo está delimitado pelos processos produtivos que ocorrem dentro da fábrica e suas interfaces com as etapas de projeto e montagem.

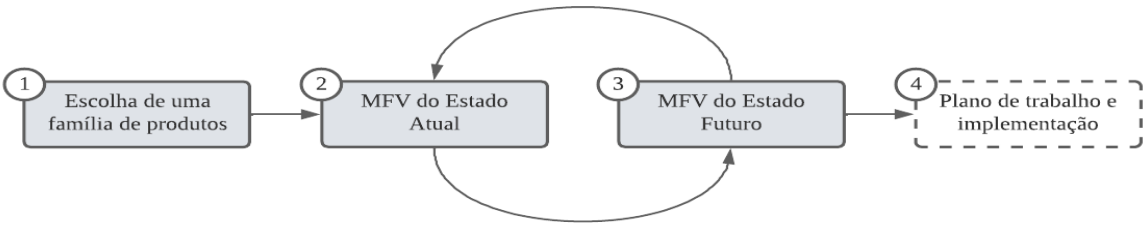
## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa descreve um fenômeno, mediante um estudo realizado em um determinado espaço-tempo, e apresenta uma proposta de modificação dessa situação. Por essa razão, pode ser classificada, quanto ao tipo, como descritiva e experimental (MARCONI; LAKATOS, 2008). Assim, foi realizado um estudo empírico em uma empresa localizada no Rio Grande do Sul que produz e monta peças pré-fabricadas de concreto como pilares, vigas e painéis de fechamento. A empresa estudada não participa do projeto e detalhamento das peças. Ao longo de um mês de estudo, foram realizadas quatro visitas à unidade fabril para realização de observações diretas dos processos e etapas produtivas. Cada visita teve uma duração média de três horas. Ademais, foram realizadas entrevistas abertas com o gerente do setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP), com o auxiliar do PCP e com os encarregados da produção na fábrica para aprofundamento do entendimento do sistema produtivo analisado.

Optou-se por utilizar o MFV como ferramenta para análise e proposição de melhorias nos processos da empresa. De acordo com Rother e Shook (2009), o primeiro passo para construção do MFV é a escolha de uma família de produtos. Assim, optou-se pela análise da produção de painéis de fechamento pré-fabricados de concreto, pois esses têm alta repetibilidade e padronização, em comparação com os demais elementos construtivos. Os painéis são produzidos em duas baterias de formas verticais, uma delas contendo seis formas e a outra oito. A capacidade produtiva diária restringe-se a 14 peças com dimensões padrão de 12 cm de espessura e 150 cm de altura. Em relação ao comprimento, o tamanho máximo da forma é de 13 metros, mas o uso de marcadores permite a produção de tamanhos customizáveis de acordo com o projeto.

Em seguida, Rother e Shook (2009) recomendam que se construa o MFV do Estado Atual para que seja possível diagnosticar os problemas no fluxo produtivo e identificar oportunidades de melhoria. Depois, os autores recomendam a proposição de um MFV do Estado Futuro com recomendações de melhoria. A quarta e última etapa, não abordada neste trabalho, é a implementação. As etapas para utilização do MFV são apresentadas na Figura 1.

**Figura 1:** Passos para construção do Mapeamento do Fluxo de Valor




**Fonte**: Adaptado de Rother e Shook (2009).

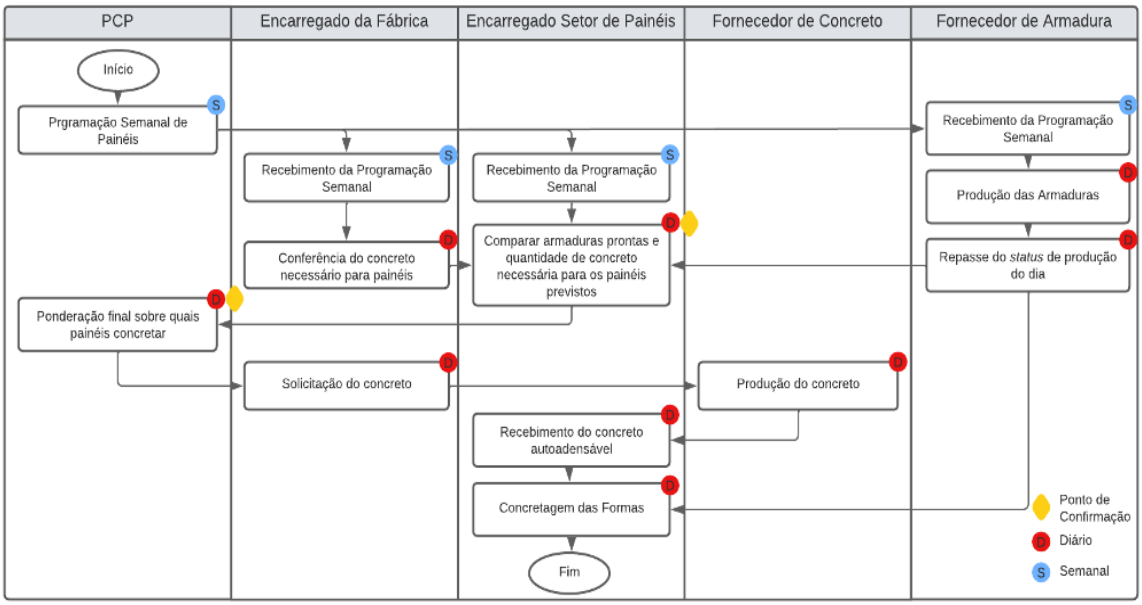
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo de resultados foi dividido em duas partes. Na primeira parte, apresenta-se o diagnóstico da empresa realizado por meio da aplicação do MFV do Estado Atual para o processo produtivo de painéis pré-fabricados de concreto. O diagnóstico inclui uma descrição das áreas envolvidas na produção dos painéis e do sistema de planejamento e controle adotado pela fábrica. Na segunda parte, apresenta-se o MFV do Estado Futuro, o qual propõe melhorias para o fluxo de valor do processo e as discussões finais. A realização do MFV do Estado Futuro seguiu os oito passos propostos por Rother e Shook (2009).

### 3.1 MFV do estado atual: diagnóstico

A Figura 2 apresenta, em um diagrama de multifuncionalidade, a relação entre os setores da fábrica, planejamento e fornecedores. Destaca-se a existência de dois pontos de confirmação no planejamento diário por conta da existência de incerteza quanto às peças que serão produzidas. Ao todo, oito funcionários, juntamente do encarregado do setor de painéis são responsáveis por todas as etapas do processo produtivo dos painéis e também da preparação das formas das demais peças produzidas na fábrica. Assim, uma parcela desses funcionários pode ser mobilizada quando há aumento de demanda em um dos setores. Em relação aos fornecedores, o fornecedor de armadura se localiza dentro das instalações fabris da empresa. Já o fornecedor de concreto se localiza em um raio próximo da fábrica. A empresa estudada e a fornecedora de concreto possuem uma relação de longo prazo, o que permite a solicitação do volume de concreto em horários próximos ao recebimento.

**Figura 2:** Diagrama de multifuncionalidade dos setores da fábrica, PCP e fornecedores



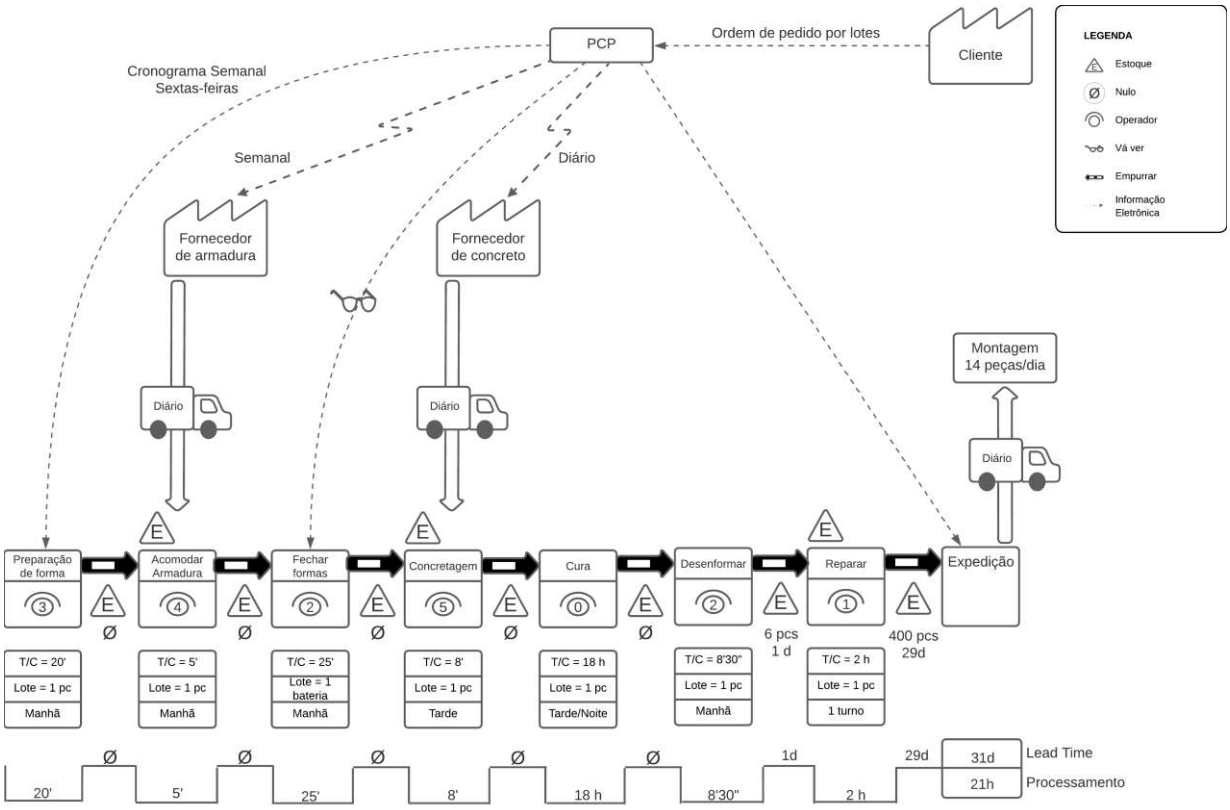

**Fonte**: os autores.

A produção na fábrica atende a mais de um cliente por vez, e assim possui a necessidade de balancear a produção para que os painéis sejam entregues no tempo desejado por cada cliente. Além disso, como a fábrica também produz outras estruturas, como pilares e vigas, existe a necessidade de balancear a produção dessas estruturas com a dos painéis, já que a equipe de montagem de formas é a mesma.

O processo produtivo dos painéis de concreto ocorre em fluxo contínuo entre os processos de preparação das formas e desforma, pois não são realizados estoques intermediários. No entanto, após a desforma os painéis aguardam até um dia para receberem reparos e acabamento superficial. Após esses reparos, os painéis passam cerca de 29 dias em estoque na fábrica aguardando a expedição. No momento da realização do estudo, cerca de 400 peças aguardavam expedição na fábrica e em média 14 eram expedidas diariamente para montagem. Como a empresa estudada é responsável pela produção e montagem das peças, o setor de montagem é quem tem a atribuição de ditar o ritmo de entrega das peças. Os estoques de produtos acabados ocupam grande área superficial da fábrica, estão sujeitos a danos mecânicos e necessitam sucessivas movimentações desde a produção até a expedição. Nesse sentido, a empresa busca proteger a sua produção de eventuais variabilidades de demanda, garantindo que qualquer peça estará pronta quando solicitada pelo setor de montagem. Além dos prejuízos mencionados anteriormente, essa prática expõe a produção ao risco de perda de produtos acabados devido a mudanças de projeto. Em uma das visitas realizadas à empresa, constatou-se que uma mudança no projeto solicitada pelo cliente resultou na impossibilidade de utilização de peças já prontas.

As características do sistema produtivo mencionadas são apresentadas no MFV do Estado Atual (Figura 3). O MFV apresentado evidencia os tempos de processamento e o *lead time* do processo produtivo. Observa-se que, enquanto o processamento leva 21 horas, afetada majoritariamente por conta da cura do concreto, a qual demanda 18 horas, o *lead time* do processo é de 31 dias. Os tempos de ciclos adotados para os processos são as médias dos tempos medidos na fábrica. Evidencia-se na Figura 3 que, embora o sistema seja do tipo ETO e a produção tenha o objetivo de suprir o pedido do cliente, o processo produtivo é empurrado, já que a produção parte de um planejamento e não acompanha o *status* do sistema (HOPP; SPEARMAN, 2004). Nesse sentido, produz-se intencionalmente para gerar estoque e proteger a produção da variabilidade. Além disso, a necessidade de pontos de confirmação no planejamento das peças a serem produzidas diariamente demonstra que há pouca certeza e controle sobre o que será produzido, mesmo em um horizonte pequeno.

**Figura 3:** Mapeamento do Fluxo de Valor do Estado Atual




**Fonte**: os autores.

Os projetos são enviados por outra empresa por lotes, ou seja, conjuntos de especificações e desenhos para a produção dos painéis. Esses lotes de projeto não condizem com os lotes de montagem em obra, tampouco com os lotes de produção em fábrica. Dessa forma, identificou-se um descompasso entre o recebimento de projetos para fabricação e a montagem em si dos painéis. Em uma das visitas à empresa foi possível visualizar o projeto de um dos clientes em específico. O setor de montagem dividiu a planta baixa do projeto desse cliente em oito lotes de montagem. Ao observar-se o projeto de detalhamento de peças, foi possível perceber que determinadas peças eram utilizadas em mais de um lote de montagem. Assim, há painéis que se repetem dez vezes na obra inteira e estão presentes em mais de um lote de montagem. A diferença de tempo entre a entrega do projeto e a expectativa do início da montagem do painel citado era de 27 dias, valor próximo ao *lead time* especificado na Figura 3. No entanto, como nem todas as peças pertencem ao mesmo lote de montagem, cabe à fábrica balancear a produção pensada em produtividade (produzir o maior número de peças iguais de uma vez), com os estoques de produto acabado no chão de fábrica e com a produção de peças para atender a demanda de outros clientes.

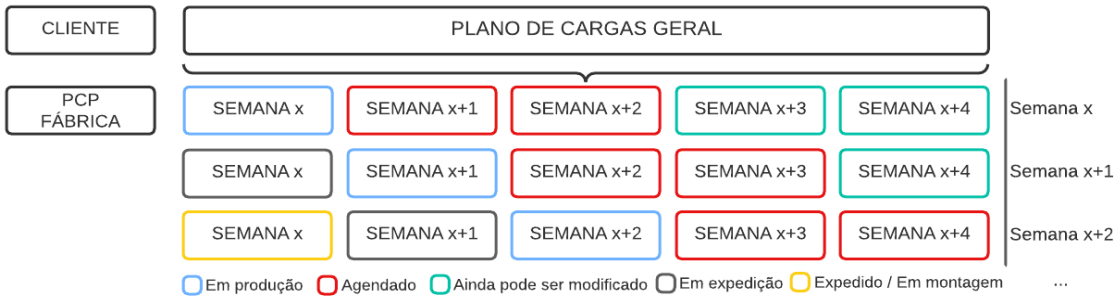
## 3.2 MFV do estado futuro: proposições

Matt (2014) cita que a não confiabilidade no planejamento da obra e a comunicação falha entre obra e fábrica acarreta no desalinhamento desses dois ambientes produtivos, o que dificulta a entrega de componentes para a obra no tempo certo. A integração do PCP de diferentes fases do projeto, como fabricação e montagem é fundamental para a gestão de sistemas pré-fabricados do tipo ETO (WESZ; FORMOSO; TZORTZOPOULOS, 2018; RECK et al., 2020). Peñaloza et al. (2016) propõem o uso de planos de carga para determinação da sequência de montagem e envio de peças para a obra. Segundo os autores, o setor de PCP deve ser o responsável por receber esses planos e organizar sua produção em torno deles, e não o setor de expedição. Nesse sentido, o planejamento a ser obtido com as modificações propostas no MFV do Estado Futuro é apresentado na Figura 4.

Propõe-se que o cliente repasse um plano de cargas geral, com a totalidade de peças a serem produzidas e com a previsão de quando essas peças serão necessárias para montagem na obra. Assim, pode-se fazer uso de duas semanas antes da produção para confirmação dos planos de produção. Nessas duas semanas, os planos não devem ser modificados e as possíveis restrições para produção dos painéis devem ser removidas. Em seguida, as peças programadas são produzidas ao longo de uma semana e aguardam sete

dias em estoque para serem expedidas na semana seguinte, conforme a previsão de recebimento das peças na obra para montagem.

**Figura 4:** Relação entre o Plano de cargas geral e o Planejamento semanal da fábrica



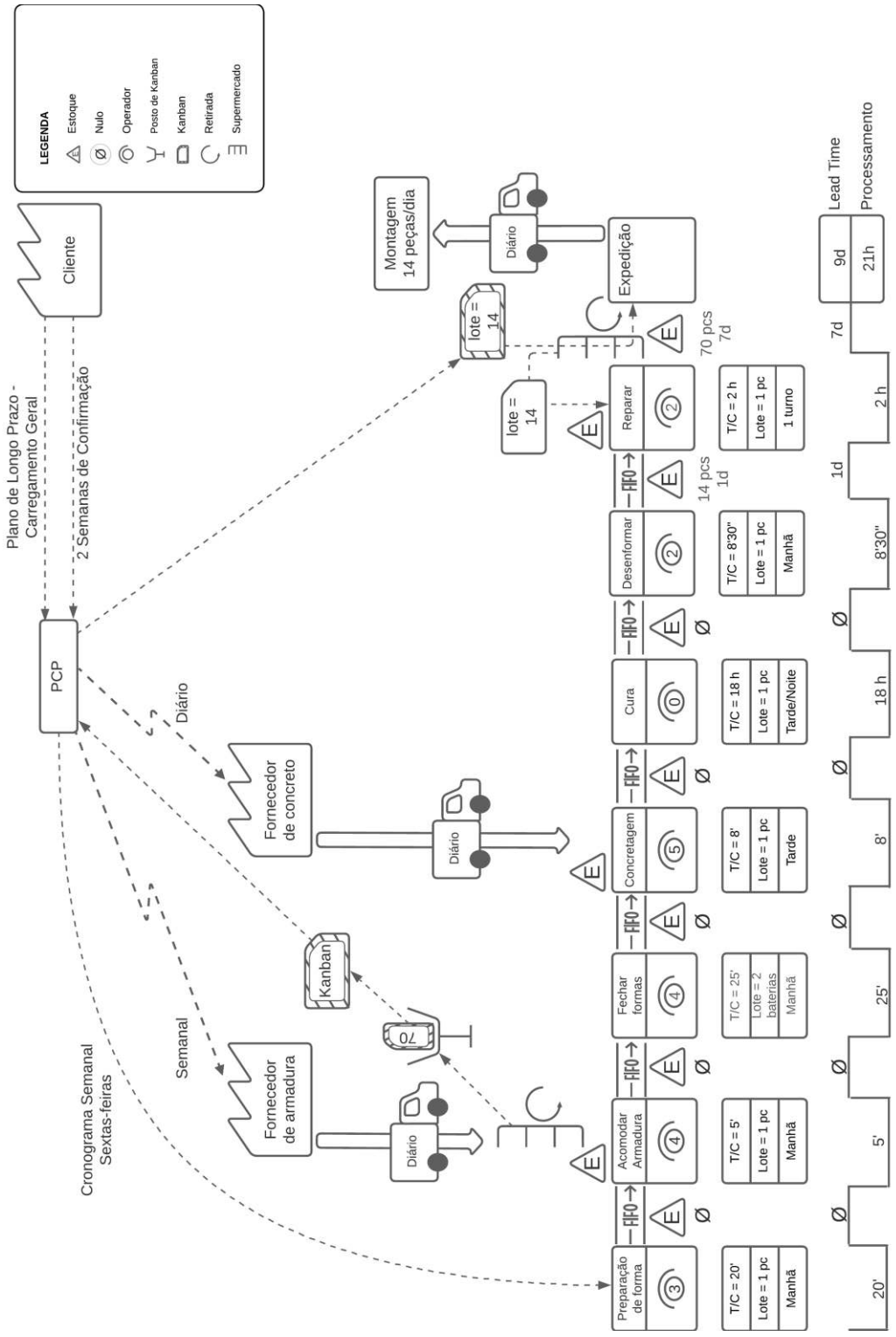

**Fonte**: os autores.

Bataglin, Viana e Formoso (2022) defendem que o planejamento pensado no fluxo é um princípio para o planejamento e controle de sistemas ETO e engloba prescrições como a definição de pequenos lotes para sincronizar os processos de produção na fábrica e instalação em obra. O lote adotado no MFV do Estado Futuro é de 14 peças, o que representa o máximo da capacidade diária da fábrica. Sugere-se que os planos de carga para montagem tenham um tamanho aproximado de 14 painéis por dia.

Dentre os oitos passos para proposição do estado futuro enxuto, Rother e Shook (2003) apontam que onde não for possível implementar o fluxo contínuo e que a produção de lotes é necessária, deve-se instalar um sistema puxado baseado em supermercados. Sistemas baseados em produção puxada são aqueles em que a liberação do trabalho acompanha o *status* do sistema a fim de impedir que os estoques intermediários do processo produtivo ultrapassem limites estabelecidos (HOPP; SPEARMAN, 2004). Diante dessa sugestão, foi proposto para o MFV do Estado Futuro a aplicação de um sistema de *Kanban*, no qual o processo "cliente" consumiria a quantidade e especificação de produto intermediário sinalizado em cartões, indicando assim o que o processo "fornecedor" deveria produzir para abastecer o supermercado. Esse sistema puxado com supermercado (de reposição) (OHNO, 1997) seria implementado antes dos processos de acomodação das armaduras e expedição. Outra melhoria proposta é a adoção da gestão de estoques intermediária tipo FIFO (*first in, first out*), priorizando, dessa forma, o processamento sequencial dos subprodutos que foram fabricados primeiro e estão há mais tempo nos estoques intermediários.

A Figura 5 apresenta o MFV do Estado Futuro obtido como resultado do desenvolvimento deste estudo. Com as proposições apresentadas neste artigo, obteve-se uma redução do *lead time* de 22 dias, pois a partir das duas semanas de confirmação propostas, é possível obter um planejamento de fábrica mais confiável e que atende a demanda do setor de montagem no tempo requerido.

**Figura 5:** Mapeamento do Fluxo de Valor do Estado Futuro




**Fonte**: os autores.

Segundo Bulhões e Picchi (2013), o principal objetivo do mapa do fluxo de valor é identificar a ocorrência de desperdícios e tentar eliminá-los, contribuindo assim para a identificação do fluxo de valor e criação de fluxo contínuo - dois dos cinco princípios do pensamento enxuto (WOMACK; JONES, 2004). Neste sentido, o MFV futuro proposto neste trabalho contribuiu no sentido de identificar fontes de desperdício relacionadas a estoques de 400 peças que poderiam ser diminuídas a partir de decisões tomadas antecipadamente junto ao cliente, como apresentado na Figura 5. É importante observar que as melhorias propostas tiveram como foco principal a redução do *lead time*, cuja participação no tempo total é bastante expressiva. Melhorias nos tempos de processamento (por exemplo, com o emprego do Gráfico de Balanceamento de Operações -

GBO) não foram propostas no presente estudo. As melhorias apresentadas referem-se ao processo produtivo como um todo, à coordenação entre diferentes setores e ao planejamento da fábrica.

Por fim, cabe enfatizar algumas limitações da ferramenta do MFV no contexto do estudo. O MFV evidencia os processos que ocorrem em sequência, porém outros processos podem acontecer em paralelo, o que torna a representação mais difícil. Algumas ferramentas da produção enxuta, nesse caso o MFV, ignoram a dimensão social e humana envolvida nos processos. Dessa forma, considerou-se no mapa apenas os fluxos de materiais e informações, mas sabe-se que os fluxos de pessoas são igualmente importantes para o entendimento e planejamento do sistema produtivo.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho abordou a utilização do MFV para proposição de melhorias na produção de painéis pré-fabricados do tipo ETO. O trabalho limitou-se à análise da produção dentro da fábrica e não propôs melhorias para os demais setores, concentrando-se apenas em suas interfaces. O desenho do Estado Atual permitiu o diagnóstico de problemas e pontos de melhoria no processo produtivo analisado, como a presença de grandes estoques de produto acabado e a falta de sincronização entre projeto, produção e montagem. Os principais resultados obtidos com a proposição do mapa do Estado Futuro foram a redução do *lead time* em 22 dias a partir da proposição de um plano de longo prazo contendo o carregamento geral e da criação de um ponto de confirmação de duas semanas entre o setor de montagem e o PCP da fábrica. Também foi proposta a utilização do sistema puxado com o uso de *Kanban* para a produção das armaduras, no início do processo, e para a expedição de produtos acabados, ao final. Destaca-se que no estudo não foram propostas melhorias de processos, como balanceamento da carga de trabalho e redução de tempos de ciclo.

A principal contribuição obtida com este estudo é aprofundar o entendimento do planejamento de sistemas pré-fabricados do tipo ETO, da variabilidade e incerteza envolvidas no processo de planejamento e da estreita relação entre projetos, fábrica e montagem. O uso do MFV permitiu identificar com clareza deficiências do processo produtivo e assim propor melhorias. Ademais, o estudo limitou-se à proposição do Estado Futuro e não abordou a implementação das melhorias estudadas. Por fim, embora o estudo tenha sido realizado em uma única empresa, os resultados podem ser utilizados por outras empresas para melhoria de seus sistemas de planejamento.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq pelo apoio recebido.

## REFERÊNCIAS

BALLARD, G.; ARBULU, R. Making Prefabrication Lean. In: 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Dinamarca, 2004.

BATAGLIN, F.S.; VIANA, D.D.; FORMOSO, C.T. Design Principles and Prescriptions for Planning and Controlling Engineer-to-Order Industrialized Building Systems. **Sustainability**. 14, 16822, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/24/16822>. Acesso em: 13 mar, 2023. https://doi.org/10.3390/su142416822

BERTRAND, J.W.M.; MUNTSLAG, D.R. Production control in engineer-to-order firms, International Journal of **Production Economics**, v. 30-31, p. 3-22. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092552739390077X>. Acesso em 05 abr. 2023. doi:https://doi.org/10.1016/0925-5273(93)90077-X.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Redução do tamanho do lote em projetos como estratégia de implementação do fluxo contínuo em sistemas pré-fabricados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 161-175, jul./set. 2013.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. To pull or not to pull: what is the question? **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 6, n. 2, p. 133–148, 2004.

LARSSON, J.; SIMONSSON, P. Decreasing Complexity of the On-Site Construction Process Using Prefabrication: A Case Study. In: 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. San Diego, Califórnia, Estados Unidos, 2012.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Técnicas de Pesquisa. 7a. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 304 p.

MATT, D. T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. Synchronization of the Manufacturing Process and On-Site Installation in ETO Companies. **Procedia CIRP**, v. 17, P. 457-462, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114002960>. Acesso em: 13 mar, 2023. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.058

NAHMENS, I.; MULLENS, M. A. Lean Homebuilding: Lessons Learned from a Precast Concrete Panelizer. **Journal of Architectural Engineering**, 17, p. 155-161, 2011. Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000037>. Acesso em: 28 out. 2022.https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000037

OHNO, T. O Sistema Toyota de Producao Além Da Produção em Larga Escala. [s.l.] **Bookman**, 1997.

PEÑALOZA, G. A.; VIANA, D. D.; BATAGLIN, F. S.; FORMOSO, C. T.; BULHÕES, I. R. Guidelines for Integrated Production Control in Engineer-to-Order Prefabricated Concrete Building Systems: Preliminary Results. In: 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Boston, Massachusetts, Estados Unidos, 2016.

RECK, R. H.; BATAGLIN, F. S.; FORMOSO, C. T.; BARTH, K. B.; DIEPENBRUCK, T.; ISATTO, E. L. Diretrizes para a definição de lotes de montagem de sistemas pré-fabricados de concreto do tipo Engineer-to-order. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 105-127, jan./mar. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000100365

ROTHER, M.; SHOOK, J. Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. v. 1.4. **Lean Enterprise Institute**. Cambridge, MA, Estados Unidos, 2009. 132 p.

WANG, S.; TANG, J.; ZOU, Y.; ZHOU,, Q. Research on production process optimization of precast concrete component factory based on value stream mapping. **Engineering, Construction and Architectural Management**. v. 27, n. 4, p. 850-871, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-10-2018-0455/full/html>. Acesso em: 13 mar. 2023. https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2018-0455

VAAGEN, Hajnalka; KAUT, Michal; WALLACE, Stein W.. The impact of design uncertainty in engineer-to-order project planning. **European Journal of Operational Research**, v. 261, n. 3, 2017, p. 1098-1109. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221717301844>. Acesso em: 05 abr. 2023.doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.03.005.

WESZ, J. G. B.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P. Planning and controlling design in engineered-to-order prefabricated building systems. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 25, n. 2, p. 134-152, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-02-2016-0045/full/html>. Acesso em: 13 mar, 2023.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking: elimine o desperdício e crie riqueza. [s.l.] Elsevier Editora, 2004.