



Contribution of Lean Construction in the Working Life of Design of Pre-Molded Concrete Structures in Industrial Buildings

Luiz Velloso and Patricia Fontanini

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

July 13, 2020



XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

CONTRIBUIÇÃO DO LEAN CONSTRUCTION NA VIDA ÚTIL DE PROJETO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS¹

AUTORES (OMITIR NA PRIMEIRA SUBMISSÃO)

RESUMO

O uso e utilização de estruturas pré-moldadas de concreto armado em edificações industriais, têm crescido nos últimos anos, com o surgimento de novas edificações, bem como, a manutenção das edificações existentes, buscando a melhoria da vida útil e durabilidade do projeto. Para uma melhor otimização dos processos, utiliza-se a contribuição do Lean Construction¹, na vida útil de projeto nestas edificações, na redução de perdas e desperdícios, nos processos de projeto, produção, montagem, e manutenção preventiva e corretiva, nas estruturas pré-moldadas de concreto armado. Esses processos podem apresentar manifestações patológicas, onde são levantadas as respectivas anomalias, através de inspeções e investigações in loco, para posterior diagnóstico e definição das soluções técnicas para correções e reparos. O artigo tem como objetivo identificar desperdícios num processo de execução de estruturas pré-moldadas de concreto armado em edificações industriais, a partir de um mapeamento de fluxo de valor, num estudo de caso específico, desde a fase de investigações das manifestações patológicas, bem como, o preparo e a execução do ensaio de extração e ruptura de testemunhos de estruturas de concreto.

Palavras Chave: *Lean construction; Vida útil de projeto; Pré-moldado de concreto; Manifestações patológicas; Edificações industriais*

ABSTRACT

The use and use of precast reinforced concrete structures in industrial buildings has grown in recent years, with the appearance of new buildings, as well as the maintenance of existing buildings, seeking to improve the useful life and durability of the project. For a better optimization of the processes, the contribution of Lean Construction is used, in the useful life of the project in these buildings, in the reduction of losses and waste, in the processes of design, production, assembly, and preventive and corrective maintenance, in the pre-reinforced concrete. These processes can present pathological manifestations, where the respective anomalies are raised, through on-site inspections and investigations, for later diagnosis and definition of technical solutions for corrections and repairs. The article aims to identify waste in a process of execution of precast reinforced concrete structures in industrial buildings, from a

¹ xxxxxxxxxx, x.; xxxxxxxxxx, x. Contribuição do Lean Construction na Vida Útil de Projeto de Estruturas Pré-Moldadas de Concreto Armado em Edificações Industriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO. 18., Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: ANTAC 2020.

value flow mapping, in a specific case study, from the stage of investigations of pathological manifestations, as well as, the preparation and execution of the test of extraction and rupture of testimonies of concrete structures.

KEYWORDS: *Lean construction; Project lifetime; Precast concrete; Pathological manifestations; Industrial building*

1 INTRODUÇÃO

A aplicação dos conceitos e princípios do *Lean Construction* têm uma contribuição técnica importante, para avaliar e analisar a vida útil de projeto, de estruturas pré-moldadas de concreto armado em edificações industriais. Os elementos pré-moldados de concreto armado a serem considerados são: vigas, pilares, lajes, painéis de fechamentos laterais, escadas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR 9062 (ABNT, 2017) trata do projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, define os elementos pré-moldados como “peças executadas industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiro de obras, sob condições de controle de qualidade”. A indústria de pré-moldados de concreto vem ganhando visibilidade pelo fato de atender as demandas da sociedade como economia, eficiência, desempenho técnico, segurança e condições favoráveis de trabalho (ACKER, 2002). Os elementos pré-moldados de concreto armado são produzidos por empresas especializadas com sistemas padronizados de produção em fábrica, as quais permitem o controle da qualidade e a garantia de suas características dimensionais.

O conhecimento da durabilidade e dos métodos de previsão da vida útil das estruturas de concreto são fundamentais para: auxiliar na previsão do comportamento do concreto em longo prazo; prevenir manifestações patológicas precoces nas estruturas; sustentabilidade e durabilidade das estruturas. Como exigências de durabilidade as estruturas pré-moldadas de concreto armado devem ser projetadas e construídas, obedecendo as questões normativas técnicas vigentes, de dimensionamento visando a sua segurança, estabilidade estrutural, durante determinado período, sem a ocorrência de intervenções de manutenções e reparos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 1992, Lauri Koskela publicou o artigo “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” que demonstrou técnicas e passos de aplicação do pensamento *Lean* na construção civil, conhecida como *Lean Construction* ou Construção Enxuta.

O emprego de elementos pré-moldados de concreto no Brasil teve início na década de 1920 com a produção de estacas para a fundação do Jockey Clube do Rio de Janeiro, sendo produzidas no próprio canteiro (VASCONCELOS, 2002). Foi no período pós Segunda Guerra Mundial, principalmente na Europa que começou, a história da pré-fabricação como “manifestação mais significativa da industrialização na construção”, sendo que, a utilização intensiva da pré-fabricação em concreto ocorreu em função da necessidade de se construir em grande escala

(ORDONÉZ,1974). Ao final da década de 50, foram elaborados os primeiros projetos em estrutura pré-moldada, sendo executados vários galpões com elementos pré-moldados em canteiro de obras, pela Construtora Mauá, em São Paulo, conforme (VASCONCELOS, 2002).

As considerações estruturais para elaboração do projeto, referente as estruturas pré-moldadas de concreto armado, devem ser analisadas e verificadas, quanto ao dimensionamento dos elementos pré-moldados de concreto armado, considerando todas as fases compreendidas em seu processo, conforme a norma NBR 9062 (ABNT, 2017). As fases frequentes que exigem dimensionamento e verificação dos elementos pré-moldados de concreto armado são: de fabricação, de manuseio, de armazenamento, de transporte, de montagem, transitórias da construção, e da edificação finalizada (ABCIC, 2019).

O conceito de vida útil de projeto aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo, como, por exemplo, aparelhos de apoio e juntas de movimentação, conforme a norma NBR 6118 (ABNT, 2014). Entende-se por vida útil de projeto, como sendo o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo executante, bem como a execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais” NBR 6118 (ABNT, 2014). A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) define vida útil como “uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes”. A durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o executante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto” NBR 6118 (ABNT, 2014). A durabilidade é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção, conforme a norma 6241 (ISO, 1984). Em complemento, existem vários documentos internacionais, relacionados à conceitos de durabilidade e o aumento da vida útil das estruturas de concreto, como: *CEB-FIP Model Code 90*, *FIB Model Code 2010*, *FIB (CEB-FIB) Model Code 2006 for Service Life Design*, *ACI 201.1R-08*, *ACI 365.1R-00*, e a norma europeia *EN-206* e *NBR 12655* (ABNT, 2015).

A vida útil deve ser analisada envolvendo o projeto, a execução, os materiais, o uso, operação e manutenção sob um enfoque de desempenho, qualidade e sustentabilidade. Como fatores que interferem na durabilidade da estrutura, pode-se considerar como principais à classe de agressividade ambiental e o cobrimento das armaduras, relacionada com a garantia de espessura mínima que dever ser levada em consideração desde o projeto até a fase de execução a partir do uso de espaçadores e com o controle da qualidade do concreto, considerando as fases de lançamento, adensamento e cura.

O *FIB Model Code for Service Life Design (2006)* considera três aspectos: métodos de introdução e verificação da vida útil no projeto; procedimentos de execução e controle de qualidade; e procedimentos de uso, operação e manutenção. A durabilidade das estruturas de concreto requer colaboração de todos os envolvidos

nos processos de projeto, construção e utilização, conforme estabelece a norma NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto Cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação – Procedimento.

O *FIB Draft Model Code (2010)*, tem a finalidade de auxiliar na estimativa da vida útil, com a introdução de 6 (seis) modelos matemáticos, considerando os seguintes mecanismos de deterioração: carbonatação e ingresso de cloretos relativos à armadura; gelo e degelo; reação álcali-agregado; ação de ácidos e lixiviação relativa ao concreto.

As manifestações patológicas podem ocorrer muito antes do previsto em projeto, fazendo com que a estrutura tenha a sua vida útil e durabilidade reduzida, sendo necessária a análise das causas das patologias construtivo, observando-se assim, a necessidade de manutenções preventivas e corretivas. Nas estruturas pré-moldadas de concreto armado esses danos podem se manifestar como trincas, fissuras, rachaduras, entre outros. Porém, podem ocorrer em estruturas pré-moldadas de concreto armado em edificações já concluídas, com certo tempo de existência, sendo necessários a realização de novos ensaios para sua análise e verificação de seu estado atual.

Alguns fabricantes de estruturas pré-moldados de concreto armado após a entrega final dos serviços de montagens, elaboram aos usuários um Manual de Manutenção, que tem por objetivo orientar a correto uso, operação, e manutenção da edificação, assegurando a continuidade da qualidade, de acordo com o sistema construtivo de estruturas pré-moldadas de concreto armado utilizado, e evitar danos decorrentes de uso não previsto, quanto aos riscos de perda de garantia, pela falta de conservação e manutenção preventiva. O Manual de Manutenção apresenta recomendações e procedimentos técnicos para execução de serviços complementares ao da estrutura pré-moldada de concreto armado, tais como serviços de: alvenarias, capeamento de laje alveolar, esquadrias metálicas, revestimentos, impermeabilização, locais perfuráveis, acessórios metálicos, painéis de fechamento lateral etc.

3 METODOLOGIA

O artigo consiste, na elaboração do mapeamento do fluxo de valor, conforme a metodologia proposta por (ROTHER; SHOOK, 2003). Na sequência, através da realização do mapeamento, é possível identificar desperdícios que poderiam ser evitados, e propor um mapeamento de fluxo de valor futuro, que resultaria em um melhor desempenho do processo tornando-o mais enxuto e viável. Considera-se a análise de um estudo de caso específico, sendo os pilares, como sendo o elementos pré-moldados de concreto armado, a serem analisados. No processo de mapeamento foram considerados as manifestações patológicas, deste a fase das investigações e inspeções, bem como, o preparo e a execução do ensaio de extração e ruptura de testemunhos de estruturas de concreto, para obter posteriormente, o diagnóstico, e as soluções técnicas para suas correções futuras. Consiste em reduzir a linha do tempo, desde o momento inicial até a entrega final,

removendo todos os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha (OHNO, 1997).

O ensaio de extração e ruptura de testemunhos de estruturas de concreto, são necessários para obtenção de informações sobre a resistência à compressão do concreto, como a norma NBR 7680 (ABNT, 2015). Por intermédio deste método de ensaio, pode-se determinar: a resistência à compressão; a resistência à tração; o módulo de deformação; diagrama tensão deformação; frente de carbonatação; corrosão das armaduras; contaminação de cloretos (CÁNOVAS, 1988).

No processo de inspeção, são adotadas as seguintes diretrizes para coleta de dados da estrutura em análise compreendendo: as inspeções devem ocorrer do último pavimento ao primeiro pavimento da edificação; os elementos estruturais pré-moldados devem ser inspecionados em todas as suas fases, com registro das manifestações patológicas na planta de fôrmas, e devidamente legendados; elaborar representação detalhada na planta de fôrmas, com registros fotográficos dos fenômenos patológicos existentes; registrar a localização das fotografias nas plantas, para identificação dos locais das manifestações patológicas. O projeto deve ser descrito sucintamente, mencionando os detalhes técnicos executivos considerados, região da edificação, quantidades de elementos pré-moldados de concreto; características da edificação, número de pavimentos, área de construção, altura da edificação, etc. Para a análise do projeto, deve-se executar a verificação estrutural, tendo o conhecimento da resistência do concreto à compressão, e obedecer às principais normas técnicas vigentes, na sua consideração estrutural. Para que a inspeção seja concluída, é necessário o conhecimento dos projetos estruturais existentes, a visita no local dos problemas, os ensaios de campo e laboratório, e os ensaios complementares destrutivos e não destrutivos se necessários.

A análise do projeto estrutural pode ocorrer em duas situações: quando se tem o conhecimento do projeto estrutural, com a existência física dos projetos, podendo analisar as condições existentes no local da edificação ou quando não se tem a existência do projeto estrutural, sendo necessário a realização de inspeções, investigações, e a execução de ensaios destrutivos e não destrutivos, para diagnóstico e definição das correções necessárias. Portanto, para se ter uma garantia de análise do desempenho estrutural atual, torna-se necessário a realização de um planejamento técnico de ensaios, para estudo e definição das manifestações patológicas. Pode-se considerar como principais métodos de ensaios: cobrimento das armaduras; medição da profundidade de carbonatação; contaminação por íons cloreto; resistividade elétrica; medição do potencial de corrosão; medida da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas; avaliação da dureza superficial do concreto; extração de testemunhos; e apreciação de petrografias (HELENE et. al., 2015).

4 ESTUDO DE CASO

O método de ensaio de extração e ruptura de testemunhos de estruturas de concreto, está sendo considerado, na elaboração do mapeamento de fluxo de

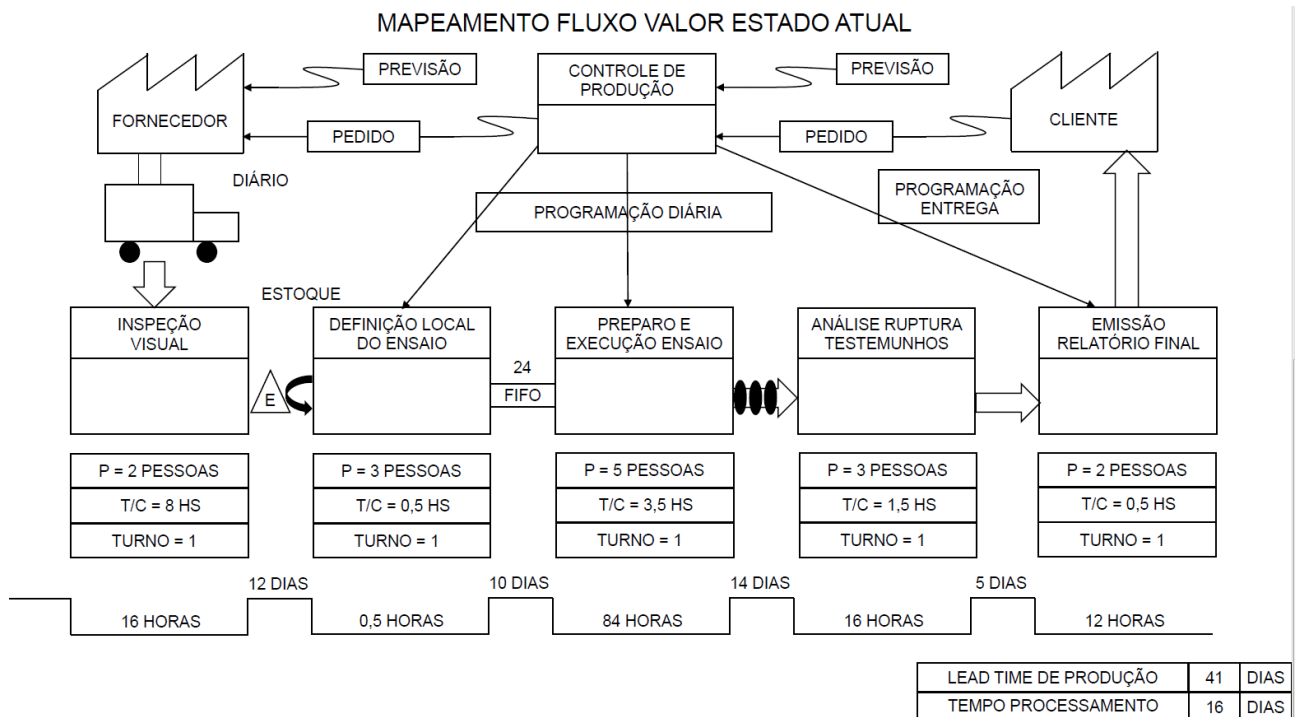
valor. Considera-se uma edificação industrial, com área construída de 6.000 m², constituída em três pavimentos de 2.000 m², com a execução de 08 (oito) extrações de testemunhos de concreto nos pilares pré-moldados de concreto armado, por pavimento, perfazendo um total de 24 (vinte e quatro) ensaios de extração de testemunhos e ruptura de concreto, a serem considerados na edificação.

As principais etapas no mapeamento de fluxo de valor são descritas por (ROTHER; SHOOK, 2003), como sendo: identificação da família de produtos, mapeamento do estado atual, mapeamento do estado futuro, elaboração do plano de trabalho e implementação, conforme a Figura 1.

Inicialmente executa-se a inspeção visual, por intermédio de um engenheiro estrutural, para identificar em quais pilares pré-moldados de concreto armado, serão executadas as extrações dos testemunhos de concreto, para que se possa efetuar a sua locação, preparo para o ensaio e o cadastro para estudo, com relação ao comportamento estrutural a edificação.

Os locais que apresentam manifestações patológicas, são cadastrados por intermédio de um relatório fotográfico, para definir os ensaios complementares necessários, para sua realização. Importante verificar in loco, aspectos como infiltração de água, corrosão das armaduras, fissuras e deformação nos elementos pré-moldados de concreto.

Figura 1 – Mapeamento Fluxo Valor Estado Atual



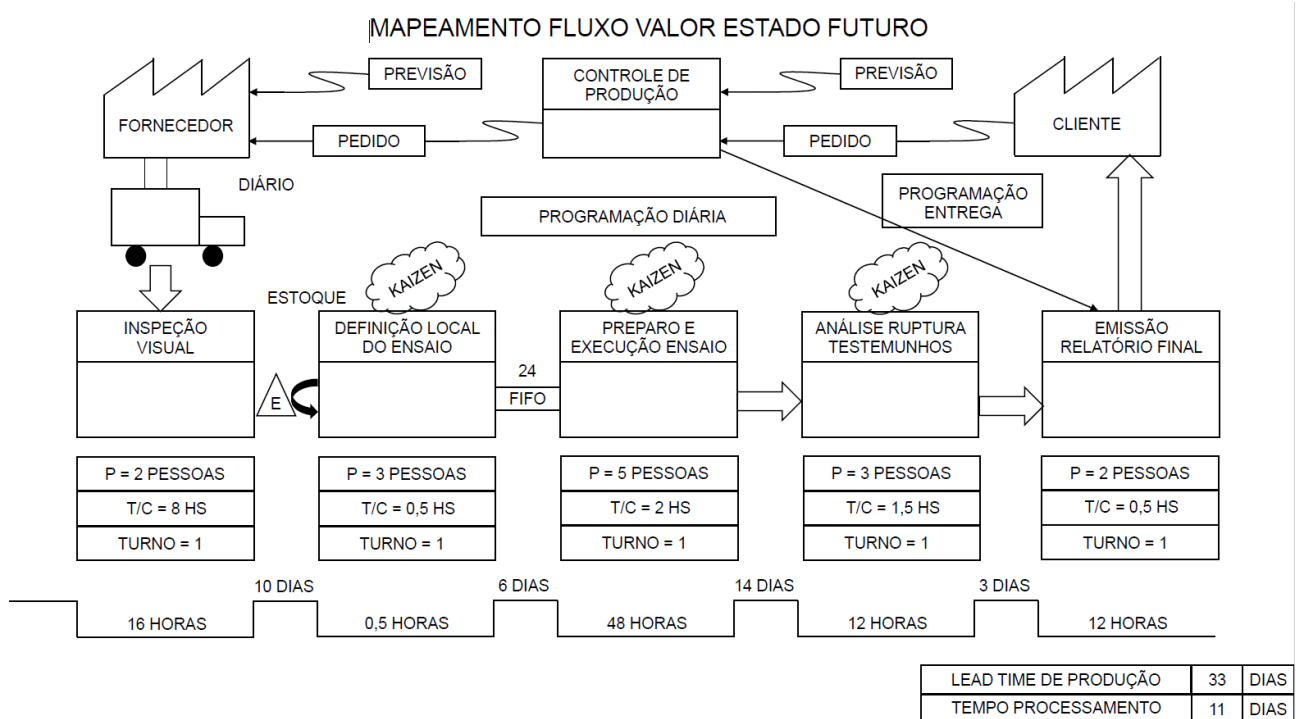
Fonte: Autor (2020)

Após a definição da locação dos pilares, procede-se a retirada dos revestimentos existentes sobre os pilares, bem como, a limpeza e o preparo para início do ensaio, com um consumo de 60 minutos por pilar. Os testemunhos são retirados diretamente da estrutura de concreto, por intermédio de uma extratora, onde são consumidas

120 minutos por pilar. Após os serviços de extrações dos testemunhos, os furos nos locais das extrações são limpos e preenchidos com graute, para consolidar com a estrutura de concreto existente, consumindo 60 minutos por pilar. Os testemunhos de concreto extraídos são transportados para o laboratório central do fornecedor, por meio de transporte veicular, para as providências de ruptura e emissão de relatório final, conforme disposto nas normas técnicas.

Pode observar que no mapeamento do fluxo de valor, apesar dos processos de ensaios serem específicos e padronizados, ocorrem perdas de materiais, mão de obra especializada e prazos, que são refletidas em perdas, em custos, qualidade, e desempenho, que não eram previstas no projeto estrutural inicial, e também, devido à falta de manutenções na estrutura de concreto armado da edificação, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Mapeamento Fluxo Valor Estado Futuro



Fonte: Autor (2020)

Após uma análise detalhada do mapa de fluxo de valor atual, sugere-se algumas alterações, na execução dos processos, iniciando os ensaios necessários do último pavimento ao primeiro pavimento, definindo assim um roteiro para execução dos ensaios, e identificando os mesmos nos elementos pré-moldados in loco e numa planta de fôrmas, para controle e acompanhamento da execução dos ensaios, eliminando etapas e diminuição dos tempos que não agregam valor ao produto. Produzir num fluxo contínuo significa produzir um ensaio de cada vez, passando para o processo seguinte, sem interrupções e outros desperdícios entre eles (ROTHER; SHOOK, 2003).

Estas alterações visam diminuir o tempo de execução dos ensaios, obedecendo uma sequência executiva de ensaios, conforme um planejamento detalhado, mediante a um projeto específico informando os locais, quantidades, e tipos de elementos pré-

moldados de concreto a serem considerados para realização dos ensaios; padronizar a execução dos ensaios, dependendo do tipo de ensaio, a eliminar tempo nos procedimentos em mudanças de tipo de ensaios; com a aplicação de *kaizen*, nas etapas de definição dos locais de ensaio; preparo e limpeza nos locais dos ensaios; analisar do processo de resultado dos testemunhos; para efetuar o planejamento executivo logístico de correções, conforme especificações técnicas e projeto específico, nos elementos pré-moldados de concreto; padronizar os processos de recuperação e reparos dos elementos pré-moldados, para evitar perdas e desperdícios de materiais e mão de obra especializada nas correções.

5 CONCLUSÕES

O planejamento em fluxo com estudo da sequência de serviços propicia o fluxo contínuo para que se obtenha maior produtividade nos serviços, e melhora no caminhamento das equipes nos diversos locais de ensaios, para que ocorra a redução de desperdícios e agilização na conclusão dos respectivos serviços. O mapeamento do fluxo de valor demonstra a utilização de alguns conceitos do *Lean Thinking*, já que os ensaios propostos para as manifestações patológicas, possuem procedimentos em seus processos. Portanto, é possível identificar etapas e processos que geram desperdícios de materiais, como a recuperação e reparos dos elementos pré-moldado de concreto, que não agregam valor. O mapeamento do fluxo de valor contribui para a tomada de decisões sobre o fluxo em estudo, abordando conceitos de técnicas do *Lean Construction*, para um planejamento detalhado, buscando a redução de desperdícios, sob a ótica de análise das ações propostas, para busca de melhoria contínua, no processo apresentado. Para estudos futuros, a utilização do macro mapeamento de fluxo de valor à cadeia de diferentes características dentro da construção civil, envolve a discussão de melhorias possíveis com a aplicação dos princípios de *Lean Thinking* (FONTANINI, 2004).

Como contribuição observa-se no mapa de fluxo de valor de estudo futuro, a redução de tempo nas atividades principais com relação ao processo de execução do ensaio de testemunhos de concreto. Deve-se elaborar um plano de ação de implementação, com as atividades detalhadas por etapas, inclusive prazos, para análise de seus impactos. O processo deve ser elaborado com a presença dos responsáveis pela execução das atividades propostas, e também analisados os impactos financeiros envolvidos no processo.

As manifestações patológicas acarretam um acréscimo de custos na produção com materiais, mão de obra, equipamentos; aumento de prazos; perda de qualidade; desperdícios, a qual podem causar danos de vida útil e durabilidade, na estrutura pré-moldada de concreto armado, afetando diversos componentes como alvenarias, emboços, revestimentos, pisos, impermeabilizações e outros. É importante a participação de um especialista estrutural, no planejamento técnico executivo e na definição das soluções técnicas, a serem adotadas para as correções das manifestações patológicas, nos elementos pré-moldados de concreto armado.

REFERÊNCIAS

- ACKER, A. V. (FIP-2002). **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto**. Tradução: Marcelo Ferreira (ABCIC-2003).
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 201. Guide to Durable Concrete: reported by ACI Committee 201. **ACI Materials Journal**, v. 88, n.5, p. 544582, 1991.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 365 Service-Life Prediction – State of the Art Reporter**, ACI Committee 365, ACI 365.2R-00. 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). **Documentos do Selo de Excelência. 2018. Disponível em <<http://www.abcic.com/selo/documentos.shtml>> acesso em fevereiro de 2018.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7680: Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655: Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais**. Rio de Janeiro, 2013.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. Tradução de Maria Celeste Marcondes, Carlos W. F. dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo, PINI, 1988.
- COMITE EURO-INTERNATIONAL du BETON (CEB) e FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE LA PRECONTRAINTE (FIP). **CEB-FIP Model Code 1990**. Design Code. Lusane: CEB, p.437, 1993.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). **Betão: Parte 1: - Especificação, desempenho, produção e conformidade**. EN-206-1, Portugal, 2007.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **fib Bulletin 34. Model Code for Service Life Design**, February 2006.
- FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **fib (CEB-FIP) Model Code for Concrete Structures 2010**. Lausanne: Ernst & Sohn, 2013.
- FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade Enxuta no Fluxo de Suprimentos da Construção Civil – Aplicação de Macro Mapeamento na Cadeia de Fornecedores de Esquadrias de Alumínio**. Dissertação Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2004, 259p.
- HELENE, P. A.; COUTO, D.; MORAIS, R. **Inspeção e Diagnóstico de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Pré-fabricado – Estudo de Caso**. CONPAT 2015. Lisboa 08-10 set.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Performance standards in Buildings – Principles for their Preparation and Factors to be Considered**. ISO 6241/1984.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Technical Report Stanford University, 1992.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção de Larga Escala**. Porto Alegre, 1997.

ORDONÉZ, J. A. F. **Pre-fabrication: Teoria Y Prática**. Barcelona: Editores Técnicos Associados. v.1. 1974.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. 2ª edição, São Paulo, Lean Institute Brasil, 2003.

VASCONCELOS, A. C. **O Concreto no Brasil**. V.3: Pré-fabricação-Monumentos-Fundações. v.3, Studio Nobel, São Paulo, 2002.