

## **Estudo de caso de aplicação de técnicas *Lean Construction* na construção civil pesada.**

**Juan Diego Silva Guedes (UFBA)**  
[juandiegoguedes@yahoo.com.br](mailto:juandiegoguedes@yahoo.com.br)

**Evelyne Lima Cavalcante Resende (UFBA)**  
[evelynecresende@gmail.com](mailto:evelynecresende@gmail.com)

**Francisco Gaudêncio Mendonça Freires (UFBA)**  
[gaudenciof@yahoo.com.br](mailto:gaudenciof@yahoo.com.br)



*A Indústria da Construção Civil (ICC) possui histórico de baixa produtividade comparado a indústria da transformação, acredita-se que a implantação de metodologias mais adequadas possa elevar a produtividade e reduzir o tempo de atravessamento, proporcionando assim maximização dos resultados do projeto.*

*Este artigo busca validar a aplicação das melhores práticas do Lean construction em projetos da indústria da construção civil pesada sem alterar recursos, ferramentas ou equipamentos demonstrando que uma gestão eficiente é capaz de tornar esta indústria mais competitiva. O estudo abordado neste artigo retratará o caso evidenciado em uma obra de infraestrutura especializada em fundações, especificamente no setor de produção, com o objetivo de melhorar a performance de execução das fundações de Obras de Arte Especiais de modo a atender à estimativas de prazo e custo previsto. As informações apresentadas serão de cunho genérico não comprometendo os dados empresariais adquiridos, bem como os dados serão apresentados de forma proporcional aos avaliados, garantindo que a análise não irá afetar o aspecto sigiloso e competitivo da empresa.*

*Palavras-chave: Construção enxuta, Planejamento e controle da produção, Last Planner, Sistema de planejamento puxado, Planejamento tempo, Takt-Time.*

## **1. Introdução**

A Indústria da Construção Civil (ICC) representa 4,8% do Produto Interno Bruto brasileiro e 52,2% da composição dos investimentos nacionais consistindo em um setor de grande relevância na economia do Brasil (CBIC, 2019). Apesar de sua importância, nota-se considerável negligência na gestão da construção civil, com relação aos desperdícios gerados no seu processo de manufatura, o que tem impacto direto sobre a produtividade (VIEIRA, 2006). Pode-se afirmar que a ICC se configura entre os setores com menor índice de produtividade e apresenta desempenho inferior à indústria de transformação (SAURIN; FORMOSO, 2006).

Desta forma, vislumbramos oportunidades para o crescimento da produtividade da ICC através da aplicação de melhores práticas no processo construtivo, sem exigir grandes investimentos como a aquisição de novas máquinas ou equipamentos, buscando maximizar os resultados.

Existe um campo imenso de pesquisas que demonstram que é possível observar o surgimento de diferentes abordagens voltadas ao ambiente produtivo no campo da Administração ou Engenharia da Produção. Neste sentido, podem ser destacados a Administração Científica de Taylor (TAYLOR, 1992), a Linha de Produção de Ford (FORD, 1927), Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997; SHINGO, 1996) e a Teoria das Restrições (GOLDRATT, 1986).

Um exemplo de filosofia de produção de sucesso, que põe em prática os requisitos citados acima, consiste no *Lean Construction* (TEZEL; NIELSEN, 2013). A origem dessa filosofia retrata as práticas da indústria automobilística, que se encontra atualmente adaptada de forma ampla na indústria de construção e desempenha papel fundamental para que o gerenciamento e a otimização dos processos sejam favoráveis. Isso acontece uma vez que os requisitos dos clientes podem ser alcançados pela aplicação dos seus princípios e da sua capacidade de fornecer melhor qualidade no menor tempo possível. (BAJJOU et al., 2017).

## **2. Metodologia e estruturação objetiva de pesquisa**

O presente trabalho foi desenvolvido através do estudo de caso prático no canteiro de obras de uma empresa especializada em execução de fundações, admitindo que seu objetivo foi testar a hipótese de integração das fases dos sistemas de Planejamento e Controle da Produção (PCP) com o Projeto do Sistema da Produção (PSP) (BALLARD et al., 2001; SCHRAMM, 2004) mencionados no artigo de discussão teórica “Sistema Puxado de Planejamento e Controle da Produção” (BONI, 2014), priorizando a aplicação da Teoria das Restrições (TOC) durante a análise.

O objeto desta pesquisa, visou validar a metodologia proposta, através da implantação do modelo de gerenciamento, sem aumentar os recursos envolvidos e analisando seus resultados. Os dados foram coletados e analisados e um padrão ideal de execução das tarefas foi desenvolvido e refinado a partir da teoria e metodologia em estudo. Sua aplicabilidade visou garantir ainda, novos parâmetros de planejamento para construção como também, contribuição direta com o meio acadêmico.

### **3. Determinação justificada do objeto do estudo**

A ICC possui largo campo de atuação, portanto restringiu-se o objeto desse caso ao estudo de um projeto de construção civil pesada. Tendo em vista que as execuções das obras de arte especiais (OAE) possuem desafios quanto a sua execução, buscou-se uma técnica capaz de identificar qual seria a estrutura mais relevante a ser avaliada (infra, meso ou superestrutura), diante das várias atividades que estruturam o mesmo.

Uma busca dos principais estudos acadêmicos relacionados ao tema exposto foi realizada e baseada nesta pesquisa literária, a implantação da Teoria das Restrições (TOC) foi definida. TOC é uma metodologia utilizada na identificação e exploração de restrições do sistema, considerando que essas restrições garantem o desempenho do sistema como um todo (COX III; SPENCER, 2002). Pacheco et al. (2012) afirmam que a compreensão do sistema depende da análise dos recursos restritivos do empreendimento. Portanto, para que a meta seja alcançada, o desempenho das restrições deve ser o foco dos principais esforços da empresa (ANTUNES, 2008).

Segundo Goldratt & Fox (1989), todo o sistema tem uma restrição, ou seja, um recurso que impede a empresa de aumentar seu ganho. Com isso é objetivo dos gestores conhecer, explorar e otimizar essa restrição. Cox e Spencer (2002), defendem que a estrutura lógica da TOC é formada pela ideia de causa e efeito, e no modo como os elementos estão relacionados dentro de um sistema interdependente, levando em consideração que a performance global está ligada diretamente ao desempenho do conjunto como um todo. E a partir da premissa que o ótimo local não é igual ao ótimo global, o desempenho individual isolado de cada parte do sistema não pode ser considerado como a única análise relevante (GOLDRATT; FOX, 1989).

Qualquer aspecto que impeça um sistema de atingir um resultado superior em relação à sua meta pode ser considerado uma restrição (GOLDRATT, 2003). Com isso, a performance da empresa como um todo é determinado pelas restrições. O processo de tomada de decisão

visando o uso desse conjunto de restrições deveria se basear em um sistema de indicadores. Goldratt (2003) mostra a estrutura de indicadores da TOC em dois níveis: os indicadores globais e os operacionais.

A etapa de infraestrutura em OAEs é reconhecida por ser um dos principais gargalos produtivos da área da construção, sendo compreendida pela atividade de fundação. Esta atividade é realizada por uma empresa especializada e seus indicadores de performance estão abaixo do previsto, sendo evidenciada 33% inferior à performance planejada para cada fundação. Por tratar-se de uma atividade antecessora irá impactar em todo o caminho crítico do projeto e tendência a não atender os prazos acordados, tornando assim, a área escolhida para aplicação da TOC.

#### **4. Identificando as restrições (LPS e *takt time*)**

O planejamento na ICC resume-se de forma genérica a planos de longo prazo direcionados através do orçamento do empreendimento. As informações utilizadas para a criação do planejamento de longo prazo são unidade base de definição da estratégia de execução da obra. Atividades como os estudos de identificação dos fluxos de trabalho, projeto de processos críticos, dimensionamento da capacidade dos recursos de produção e o estudo de pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção, além do fluxo de decisão ou de revisão do prazo, geralmente são baseadas na experiência obtida em empreendimentos anteriores, sendo entendido como planejamento empurrado.

Nesta situação, a informação é usada para a execução no curto prazo sendo tratada apenas de forma verbal, sem ligações com os níveis de planejamento de médio e curto prazo, que normalmente são inexistentes.

Desta forma, o processo produtivo acaba sendo negligenciado já que é composto na maioria das vezes pela incerteza e a variabilidade. Como efeito, há utilização ineficiente de recursos e significativo desvio das metas planejadas em relação às executadas, onde o controle e a realização de ações corretivas no sistema de produção são mais complexos ou até sem resultados (BERNARDES, 2003).

O *Last Planner System* (LPS) é provavelmente a ferramenta mais adaptada à construção, já que foi concebida através da utilização de conceitos do *Lean Construction*, e são adaptações dos conceitos tradicionais oriundos do *Toyota Production System* (TPS). O LPS é um mecanismo desenvolvido para ser aplicado como ferramenta de controle da produção em cenários de produção engenharia sob encomenda (ETO), onde o grau de incerteza é elevado.

A abordagem do *Last Planner* aumenta a credibilidade do plano: elevando a confiança da equipe de trabalho em realizar o correto, acarretando ainda na melhoraria da credibilidade quanto ao fornecimento dos recursos corretos. Assim, é entendido como um sistema de planejamento e controle da produção que permite aumentar a confiabilidade do fluxo de trabalho (BALLARD, 2000).

Segundo Frandson, Berghede e Tommelein (2013), a principal métrica empregada como parâmetro para a sincronização de operações nas unidades de produção foi o tempo *takt*, que é o fixado a partir do cálculo do ritmo necessário para promover o fluxo contínuo de trabalho (*paced work flow*). O termo “*takt*” é de origem germânico e expressa o ritmo de atividade produtiva necessário para atendimento à demanda. Segundo Alvarez e Antunes Jr. (2001), de forma matemática, o tempo *takt* é resultado da razão entre o tempo de disponibilidade para a produção executar a tarefa e o número de unidades a serem produzidas.

Este parâmetro de demanda é largamente empregado no sistema de produção, seja da manufatura, na indústria da construção, ou outros. Em outras palavras, o tempo *takt* pode ser descoberto pela razão entre o “tempo disponível produção” e o “tempo demandado pelo cliente”. O cliente pode ser compreendido como a tarefa que ocorre à jusante, a equipe seguinte ou mesmo o próximo lote mínimo de produção. Por meio do tempo *takt* são obtidas as linhas de ritmo de produção que estabelecem um índice a ser alcançado para verificar se a taxa de demanda do cliente será cumprida e não ultrapassada, sincronizando as operações (tarefas) nas zonas de trabalhos.

Durante alinhamento inicial em conjunto com a equipe, foi acordado que através do método, eles pudessem construir o planejamento puxado das fundações, definir o *takt time* e identificar todas as restrições para gerar um plano de ação. Para este estudo, foi analisado o escopo de 18 fundações, considerando o uso de 7 equipamentos e 28 funcionários e a média de profundidade em torno de 16 metros. A Figura 1 demonstra os tempos atuais de execução de cada etapa da atividade.

Figura 1 – Estado atual das operações das fundações

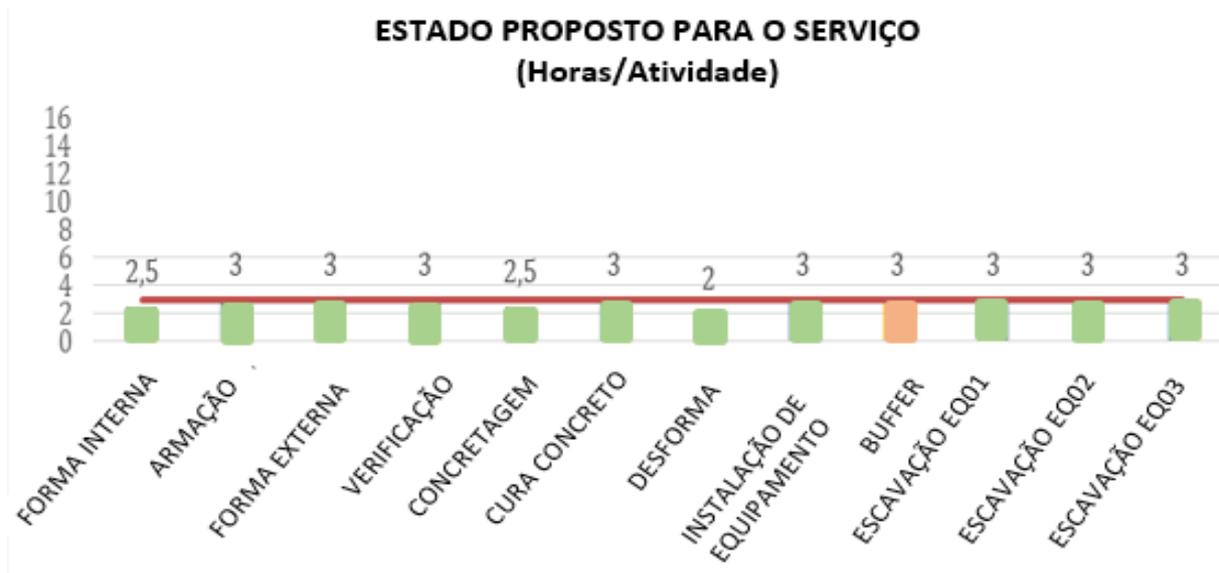


Fonte: Dados coletados em campo (2019)

## 5. Resultados e discussões

A sequência discutida partiu da definição do menor lote operacional possível (lote unitário) repetitivo. Ou seja, para as fundações de 16-20 metros, foram considerados lotes mínimos de 4 m. As atividades foram encadeadas em 12 partes, sendo elas descritas na Figura 2. De forma ilustrativa, cada parte é composta por uma equipe que caminha para a atividade seguinte como o vagão de um trem que avança ao longo de 12 etapas. Foram levantados os quantitativos e equipes mínimas necessárias para execução de cada lote, de modo a realizar o cálculo do *takt* ideal. Ao final do estudo com uso do cálculo do *takt*, obteve-se a redução de prazo do cronograma, balanceamento e encadeamento das atividades de modo a garantir o fluxo contínuo e a otimização dos recursos (Figura 2).

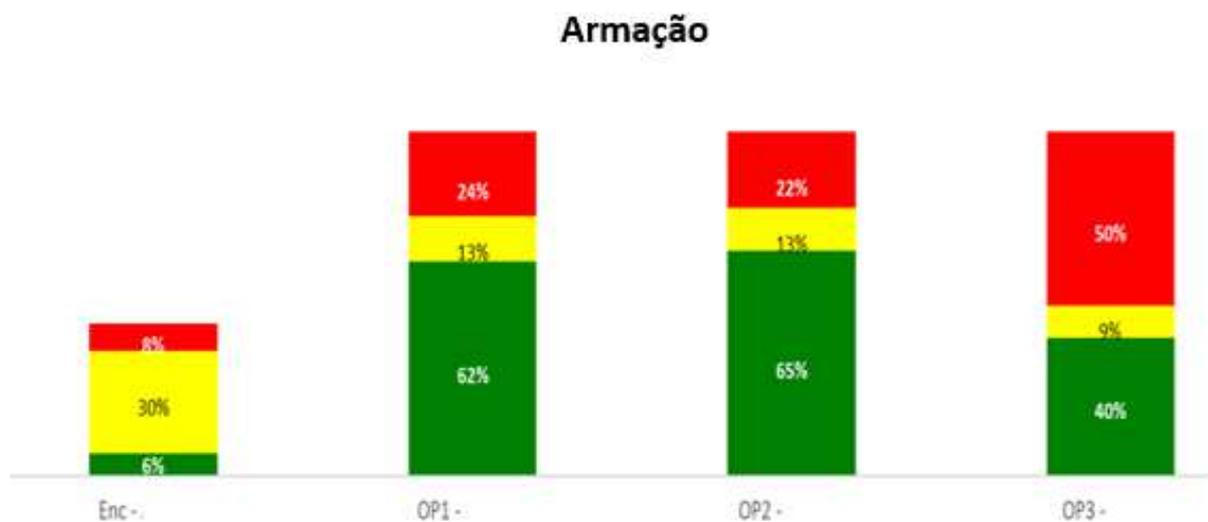
Figura 2 – Estado proposto para as operações da fundação



Fonte: Dados coletados em campo (2019)

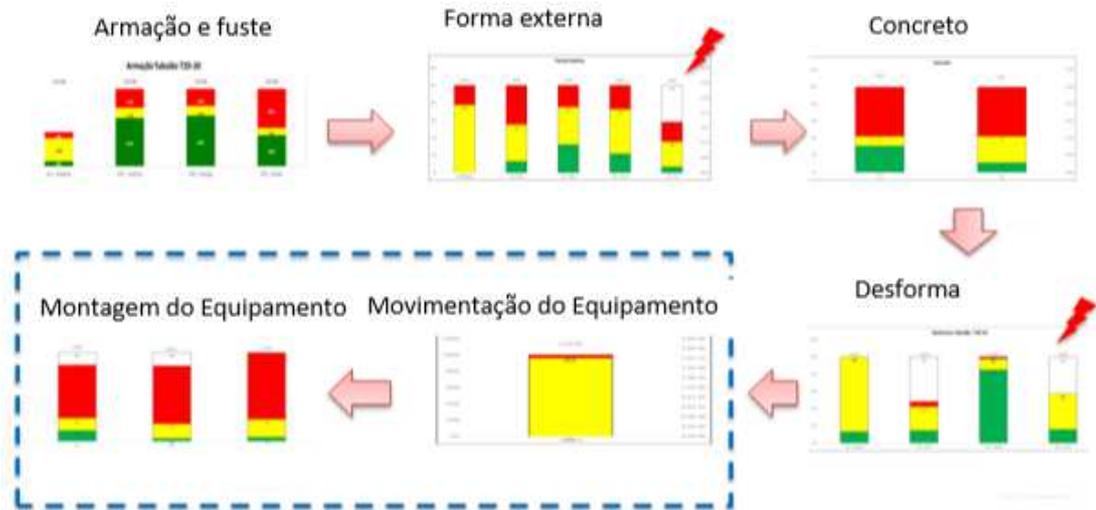
A implantação do fluxo de produção permite que outros problemas apareçam. Tornando necessário o detalhamento das perdas e para isto, foi feita a análise de agregação de valor das atividades, conforme as figuras 3 e 4, através de cronoanálise para garantir o *takt* de 3h.

Figura 3 – Cronoanálise da atividade de armação



Fonte: Dados coletados em campo (2019)

Figura 4 – Cronoanálise das atividades de fundação



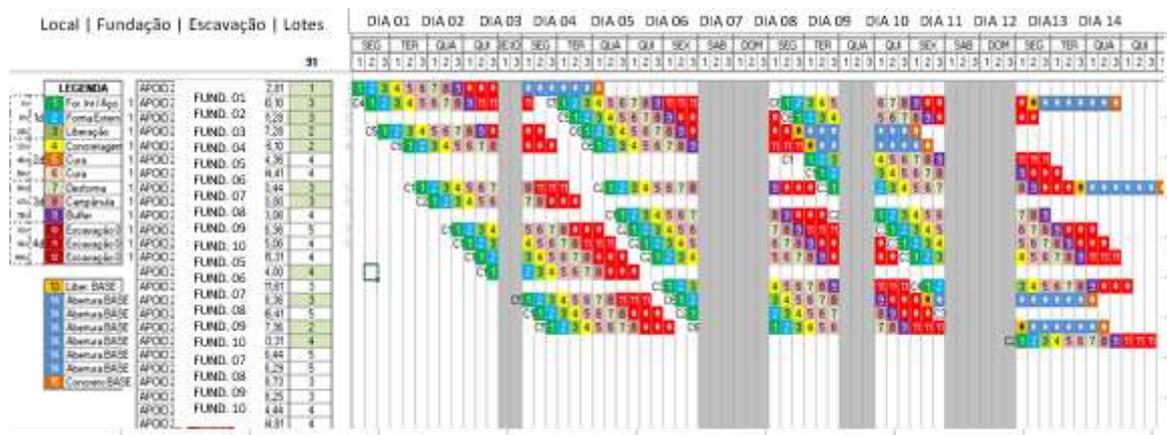
Fonte: Dados coletados em campo (2019)

Foi realizada coleta de dados constatando que o método de execução, o tempo de montagem e desforma da forma externa representavam elevado desperdício na operação. A atividade de montagem da fôrma externa excedia o *takt* de 3 horas. Para solução dos problemas levantados, a forma foi adaptada, reduzindo o tempo de ciclo da operação em 30%. Ainda sob a perspectiva da análise, foi constatada a necessidade de adequação da forma interna da fundação, pois possuía alto tempo no processo de desmontagem além de acarretar alto desperdício de material. Após as melhorias implantadas o ciclo foi reduzido em 29% do tempo.

Outras observações foram consideradas como a presença de materiais não fora da estação de trabalho correta, haviam conexões de diferentes tipos no mesmo local e os materiais para montagem de equipamentos não estavam disponíveis. A redução dos desperdícios (movimentação) na montagem dos equipamentos permitiu que as atividades de movimentação e montagem fossem realizadas no mesmo *takt* de 3 horas.

E por fim, admitindo o conceito de “linha de balanço” apresentado como método ilustrativo de programação onde as atividades são cadenciadas no tempo que devem ocorrer, em relação às unidades de repetição (JOHNSTON apud MATTILA; ABRAHAM, 1998), foi definida a programação executiva com o conceito do *takt*, esquematizada em linha de balanço como mostra a Figura 5, considerando o planejamento atual e o potencial de redução de prazo para as fundações restantes do elevador em estudo foi na ordem de 30%.

Figura 5 – Linha de balanço das atividades de fundação



Fonte: Criação ilustrativa própria (2020)

Para gestão a vista e controle da produção, foi instalado um quadro na frente de serviço, sendo atualizado a cada 3h, conforme *takt* para acompanhamento dos avanços produtivos. Desta forma, o quadro demonstra sempre o “cenário atual” das frentes. O encarregado do serviço é responsável por “tocar o tambor” para que o trem se movimente a cada 3h. Sempre que percebe a dificuldade de alguma equipe atingir o resultado esperado, aciona equipes que já finalizaram para auxiliar e as fundações para a sequência do “trem” são identificados conforme a programação enviada pelo Planejamento.

Foi realizado o trabalho padronizado para equipe operacional, facilitando a replicação das melhores práticas e o entendimento de “como” deve ser feito. A folha de trabalho padronizado esclareceu para a operação os pontos críticos de inspeção ou auto inspeção. Com isso, foi validada a importância do documento, pois identifica a sequência de atividades, número de operadores, materiais e ferramentas envolvidas na atividade. Torna a atividade fácil de ser replicada em outras frentes/obras além de garantir que as melhorias realizadas passam a ser tornar “padrão”.

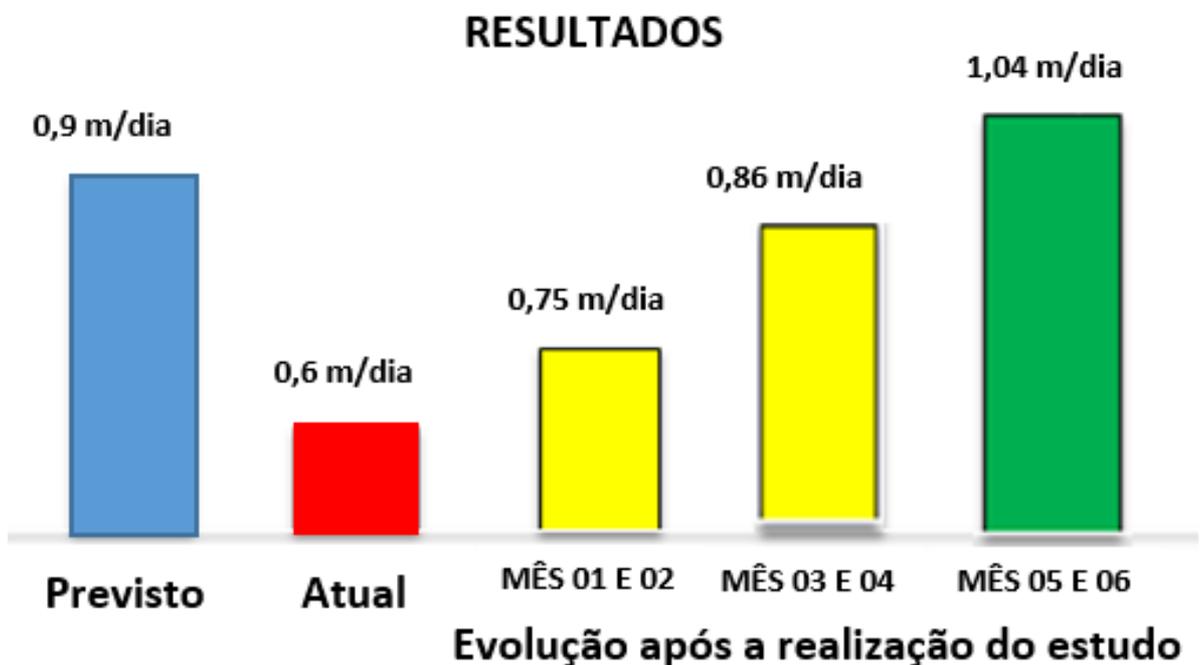
Através dos indicadores de desempenho de custo é possível concluir que a metodologia implantada neste estudo apresenta excelentes resultados, como mostram os acompanhamentos de custo real pelo custo previsto (Figura 6) que em média obtiveram uma redução de custo de aproximadamente 22% e a evolução da produção diária houve um aumento de aproximadamente 70% por fundação (Figura 7).

Figura 6 – Acompanhamento do custo realizado x custo previsto



Fonte: Dados de acompanhamento (2019)

Figura 7 – Acompanhamento do avanço produtivo por dia por fundação em operação



Fonte: Dados de acompanhamento (2019)

## 6. Considerações finais

A motivação deste estudo de caso foi obter êxito na implementação da integração das fases dos sistemas de planejamento e controle da produção, bem como testar sua aplicabilidade na

atividade de fundação de obra de arte especiais (OAEs) e avaliar as restrições com base na TOC, além de relatar as dificuldades apresentadas pelo próprio sistema em questão. Analisando de modo comparativo, os resultados obtidos foram satisfatórios. Com base nas métricas e parâmetros utilizados, o principal benefício do estudo realizado é a garantia do fluxo das atividades. Constatou-se que o PSP de fato é a estrutura eficiente para organizar as informações de entrada, para em seguida os PCP empurrado ou puxado, contribuírem no atendimento ao plano de ataque e na manutenção dos ritmos dos processos produtivos. Entretanto, não há o mesmo fato para o planejamento tradicional, já que a base é fundamentada no sistema empurrado. Ainda foi possível observar que o LPS promove melhorias na forma tradicional de concepção do PCP. Porém, para obter maior resultado do LPS é necessário levar em consideração os procedimentos relativos à produtividade, sincronização e manutenção do ritmo de produção dos lotes. Portanto, confirma-se através dos resultados obtidos que os benefícios de diferentes abordagens de planejamento podem ser alinhados de forma a potencializar as vantagens do sistema de construção dentro da lógica de estudo descrita no presente artigo.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção**: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e a teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 406 p. Tese (Doutorado) - Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 1998.

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de Produção**: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BAJJOU, Mohamed Saad; HAMMOUMI, Mohammed El; CHAFI, Anas; ENNADI, Abdelali; HAMMOUMI, M. El. The Practical Relationships between Lean Construction Tools and Sustainable Development: a literature review. **Journal Of Engineering Science And Technology Review**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 170-177, out. 2017. International Hellenic University. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/320053607\\_The\\_Practical\\_Relationships\\_between\\_Lean\\_Construction\\_Tools\\_and\\_Sustainable\\_Development\\_A\\_literature\\_review](https://www.researchgate.net/publication/320053607_The_Practical_Relationships_between_Lean_Construction_Tools_and_Sustainable_Development_A_literature_review)>. Acesso em: 11 mar. 2020.

BALLARD, G. et al. Production System Design in Construction. In: 9TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore, 2001. p.1-15.

- BALLARD, G. H. **The Last Planner System of production control**. 2000. 192p. Thesis (Doctoral degree in Philosophy) – Birmingham City University, Birmingham.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, LTC, 2003. 190 p.
- CBIC. **PIB Brasil e Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-E-Investimento/pib-Brasil-E-Construcao-Civil>>. Acesso em: 09 fev. 2020.
- COX III, J.; SPENCER, M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- FORD, Henry. **Hoje e amanhã**. São Paulo: Nacional, 1927.
- FORMOSO, Carlos T.; De CESARE, Cláudia. M.; LANTELME, Elvira M.; SOIBELMAM, Lucio. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- FRANDSON, A; BERGHEDE, K; TOMMELEIN, I.D. Takt time planning for construction of exterior cladding. In: 21ST ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, Fortaleza, Brasil. **Proceedings...** Fortaleza, jul. 2013. p.1-10
- GOLDRATT, Eliyahu M. **The General Theory of Constraints**. New Haven, CT: Abraham Goldratt Institute, 1989.
- GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A Meta**. São Paulo: Nobel, 2003.
- GOLDRATT, Eliyahu M.; FOX, Robert E. **A Corrida pela Vantagem Competitiva**. São Paulo: Educator, 1989.
- GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **The Goal: excellence in manufacturing**. New York: North River Press, 1986.
- MATTILA, K. G.; ABRAHAM, D. M. Resource leveling of linear schedules using integer linear programming. **Journal of construction engineering and management**, May/June, p. 232-244, 1998.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bokmann, 1997.

PACHECO, D. A. J.; PERGHER, I.; LUZ, D. F.; ROSSI FILHO, T. A.; ANTUNES JUNIOR, A. V..

Investigando os modelos de melhoria que integram a Teoria das Restrições e o Lean Manufacturing: a análise dos pontos fortes e oportunidades de aperfeiçoamento. In: **XIX SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção**, 2012, Bauru. Anais SIMPEP. Bauru: Universidade Estadual Paulista - UNESP, 2012. v. 19.

SCHRAMM, F. K. **O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2004. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista de Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de Administração Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

SAURIM, T. A., & FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. In *Recomendações Técnicas Habitaré* (Vol. 3). Porto Alegre, 2006.

TAYLOR, John Eric; LEVITT, Raymond E.; VILLARROEL, Juan Andrei. Simulating learning in interorganizational networks: the insidious role of task interdependence and relational instability in system-level learning. **Center For Integrated Facility Engineering**: Stanford University, Stanford, p. 1-18, 01 out. 2006. Disponível em: <<https://stacks.stanford.edu/file/druid:hb029bv6168/TR166.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2020.

TEZEL, Algan; NIELSEN, Yasemin. Lean Construction Conformance among Construction Contractors in Turkey. **Journal Of Management In Engineering**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. 236-250, jul. 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/273746581\\_Lean\\_Construction\\_Conformance\\_among\\_Construction\\_Contractors\\_in\\_Turkey](https://www.researchgate.net/publication/273746581_Lean_Construction_Conformance_among_Construction_Contractors_in_Turkey)>. Acesso em: 05 abr. 2020.

VIEIRA, Hélio Flávio. **Logística Aplicada à Construção Civil: como melhorar o fluxo de produção na obra**. São Paulo: Pini, 2006.