

APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO LEAN CONSTRUCTION E TEORIA DAS RESTRIÇÕES PARA REDUZIR DESPÉRDICIOS EM UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

APPLICATION OF LEAN CONSTRUCTION PRINCIPLE AND THEORY OF CONSTRAINTS TO REDUCE WASTE IN A CONSTRUCTION SUPPLY CHAIN

Leonardo Debarba Bassani* Email: leo.dbassani@hotmail.com

Fabio Antônio Sartori Piran* Email: fpiran@unisinós.br

*Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, Rio grande do Sul, Brasil.

Resumo: O objetivo proposto pelo artigo é desenvolver um modelo de gestão focalizado em reduzir desperdícios dentro da cadeia de suprimentos na construção civil. Para alcançar este objetivo foi utilizado o método de pesquisa *Design Science Research* (DSR) para a criação de um artefato que possibilitasse junto as dificuldades encontradas dentro da empresa elaborar mecanismos que identificassem e reduzissem desperdícios dentro do setor. O estudo foi desenvolvido a partir de ideias provenientes dos pensamentos do *Lean Construction* e da Teoria das Restrições, os quais, por meio da pesquisa bibliográfica e conhecimentos profissionais do autor nortearam a elaboração de cada etapa do método. O artefato desenvolvido foi nomeado “Modelo de Gestão de Suprimentos da Construção Civil” e consiste, a partir da subdivisão do planejamento do projeto, em atividades que contribuem para a eliminação de gargalos e a redução de desperdícios dentro da cadeia. Além disso, o artefato exemplifica e detalha cada processo do método para que se discuta os resultados obtidos.

Palavras-chave: Construção Enxuta. Teoria das Restrições. Cadeia de Suprimentos. Planejamento. Desperdícios.

Abstract: The objective proposed by the article is to develop a management model focused on reducing waste within the supply chain in civil construction. To achieve this goal, the Design Science Research (DSR) research method was used to create an artifact that would allow the difficulties encountered within the company to develop mechanisms to identify and reduce waste within the sector. The study was developed from ideas coming from Lean Construction and the Theory of Constraints, which, through bibliographic research and the author's professional knowledge guided the development of each step of the method. The developed artifact was named "Supply Management Model for Civil Construction" and consists, from the subdivision of the project planning, in activities that contribute to the elimination of bottlenecks and the reduction of waste within the chain. In addition, the artifact exemplifies and details each process of the method in order to discuss the results obtained.

Keywords: Lean Construction. Theory of Constraints. Supply Chain. Planning. Waste.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, assim como outros segmentos da indústria, vem se transformando ao longo dos anos. Prova disso são os projetos cada vez mais engenhosos e sofisticados, ferramentais mais acessíveis, além de materiais mais

resistentes e transformadores. Contudo, o enorme desperdício e a baixa eficiência das obras na construção civil vão de contramão a esta transformação (NETTO *et al.*, 2019). Estudos realizados em diferentes países apontam que a causa principal do baixo nível de produtividade está fortemente ligada as deficiências do planejamento e controle das obras (AURELIANO *et al.*, 2019).

No Brasil não é diferente, responsável por 7,3% do PIB brasileiro em 2018 (IBGE 2019), o segmento da construção civil deixou de se adaptar a revolução digital que melhorou significativamente a produtividade, a eficiência e os custos em outros setores (HEIGERMOSER *et al.*, 2019) e vê como principal causa dos problemas as falhas de gestão (NETTO *et al.*, 2019).

Para Zhang e Chen (2016), a chave para se manter competitivo em um mercado dinâmico é a contínua inovação. Mesmo sabendo disso, construtoras ainda adotam métodos tradicionais de planejamento voltados apenas para perspectivas de transformação, mas que falham ao abordarem questões como eficácia das atividades e entendimento dos requisitos dos clientes (ASLAM, GAO e SMITH, 2020). Neste contexto, os princípios da Construção Enxuta e da Teoria das Restrições contribuem para uma transformação na maneira de gerir e planejar processos em um mercado cada vez mais competitivo, com frequentes aumentos do custo de matéria prima, projetos com prazos de entrega mais curtos e com diversas mudanças de planejamento (HEIGERMOSER, 2019).

O princípio da construção enxuta, desenvolvido a partir do sistema Toyota de Produção e denominado *Lean Construction* (DO PRADO, CALDERARO e PIRAN, 2019), estabelece um planejamento, no qual consegue identificar, controlar e transformar dentro da cadeia de suprimentos elementos que possam estar interferindo no atraso, perda ou qualquer dificuldade do projeto. Comparado aos métodos tradicionais de planejamento da construção, o pensamento enxuto adotado de forma prática proporciona uma probabilidade três vezes maior dos projetos serem concluídos antes do previsto e duas vezes maior para serem concluídos dentro do orçamento (ASLAM, GAO e SMITH, 2020). Já a Teoria das Restrições, desenvolvido na década de 70 pelo israelense Eliyahu M. Goldratt, afirma que o desempenho global da organização passa pelo devido gerenciamento das restrições e que este mal planejado impede de alcançar suas metas (SIKILERO *et al.*, 2014), e para este fim, desenvolve ciclos de melhorias que concentram esforços no gargalo a fim de elevar a

performance do sistema, aumentar seu ganho (PUCHE *et al.*, 2019) e alcançar o melhor desempenho geral da organização (MAUS, LACERDA, e TOMASZEWSKI, 2016).

Assim, a presente pesquisa tem como objetivo elaborar um método de controle e análise para identificar e eliminar desperdícios dentro de um projeto de construção civil, adotando técnicas provenientes do pensamento enxuto e da Teoria das Restrições. Sabendo da importância do uso e consumo de materiais para definição de prazos e orçamentos em um projeto, e a partir da obsolescência de abordagens tradicionais do controle da cadeia de suprimentos dentro da construção (VRIJHOEF e KOSKELA, 2000), a pesquisa se propõe a identificar formas de gerir e controlar a cadeia de suprimentos de maneira eficiente e eficaz.

O estudo a fim de explicar e estruturar sua pesquisa está dividido, além da introdução, no referencial teórico, onde explica conceitos importantes para o tema estudado e o procedimento metodológico, no qual aborda o artefato de pesquisa. Em seguida se descreve a análise da pesquisa, seguida pela discussão do tema e encerra-se apresentando as conclusões do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção Enxuta

O termo Construção Enxuta (*Lean Construction* - LC) é a adaptação do Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS) dentro da área da construção civil, e surge para otimizar processos de desenvolvimento, projeto, produção, operação e gestão (HEIGERMOSER *et al.*, 2019). Segundo Lalmi, Fernandes e Souad (2021) a Construção Enxuta tem como objetivo criar valor ao cliente, propondo a eliminação de desperdícios em todos os processos da empresa adotando uma abordagem diferenciada, ou seja, atender as necessidades do cliente usando menos de tudo (AZIZ e HAFEZ, 2013).

O pensamento enxuto tem como mentalidade base a eliminação de desperdícios (KUREK *et al.*, 2021) e para sua aplicação e adaptação o pensamento adota onze princípios que ao focados nos requisitos dos clientes, inovação e nas atividades que não agregam valor, aumentam significativamente o ganho de tempo, custo e desempenho de qualidade (XING *et al.*, 2020). Além dos onze princípios, o

conceito também apresenta sete tipos de desperdícios, baseados nos conceitos de Henry Ford e adotados pelo sistema Toyota de Produção, que possibilitam identificar e desafiar suas suposições sobre o processo (EIVINDSON et al., 2017). A seguir, os quadros trazem uma exemplificação dos onze conceitos e os setes desperdícios adotados no pensamento enxuto.

Quadro 1 - Conceitos da Construção Enxuta

Conceitos	Exemplos
Reduzir atividades que não agregam valor	Atividades que consomem tempo e recursos, como transporte e inspeção
Agregar valor ao produto conforme cliente	Entende-se cliente como interno ou externo e são as atividades que convertem materiais ou informações conforme especificação do cliente
Reduzir variabilidade	Eficiência operacional e redução dos processos
Reduzir tempo de ciclo	Redução de processos, otimização de layout e alteração da sequência do processo
Simplificar ou reduzir o número de atividades	Simplificar atividades, seja utilizando elementos pré-fabricados e equipes polivalentes, por exemplo
Aumentar flexibilidade	A partir do cliente gerar possíveis alterações que agregam valor ao produto
Aumentar transparência	Melhoria na identificação de erros no sistema e gestão visual dentro da obra
Controle global do processo	Visualização do processo global a fim de otimizá-lo
Melhoria contínua	Melhorias relacionadas a redução de desperdícios e aumento do valor ao cliente
Balanceamento entre fluxos e conversões	Melhorias de fluxos estão relacionadas as melhorias de conversão, ou seja, quando se otimiza um processo também estará promovendo uma menor variabilidade de conversão nos processos
Benchmarking	Comparações de práticas e resultados com outras empresas do setor ou de outros setores

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Do Prado, Calderaro e Piran (2019).

Quadro 2 - Desperdícios da Construção Enxuta

Desperdícios	Exemplos
Transporte	Movimentos desnecessários de materiais entre obras devido ao mau planejamento
Estoque	Muitos materiais armazenados no canteiro de obra, obstruindo o local e possibilitando o seu defeito
Movimento	Movimentos desnecessários de materiais, operadores e ferramentas dentro do canteiro de obras
Espera	Espera entre uma operação e outra

Excesso de produção	Produzir algum item antes que seja necessário ou produzir algo que não foi solicitado pelo cliente
Processos desnecessários	Construções de baixa qualidade ou muito complexas que não agregam valor ao cliente
Defeitos	Cliente não satisfeito com o resultado do produto e o retrabalho

Fonte: elaborado pelo autor, com base em Eivindson Rolfsen *et al.* (2017).

Para Aslam, Gao e Smith (2020) a principal motivação para utilizar conceitos enxutos dentro da construção civil é superar os já impregnados desperdícios dentro dos processos e fluxos de materiais. Segundo estudo (XING *et al.*, 2020), a eficácia dos conceitos da Construção Enxuta é nítida ao associar a abordagem aos desperdícios, uma vez que 90% dos defeitos eram resolvidos ou observados com antecedência devido ao emprego do pensamento.

2.2 Planejamento e Controle da Produção

No PCP (Planejamento e Controle da Produção) o planejamento define as estratégias e os critérios necessários para atingir o objetivo, já o controle certifica-se que cada etapa ocorrerá conforme sequência planejada (AZIZ e HAFEZ, 2013). Dentro da construção civil, o PCP destina-se a reduzir as variações e melhorar o fluxo de trabalho do projeto (XING *et al.*, 2020).

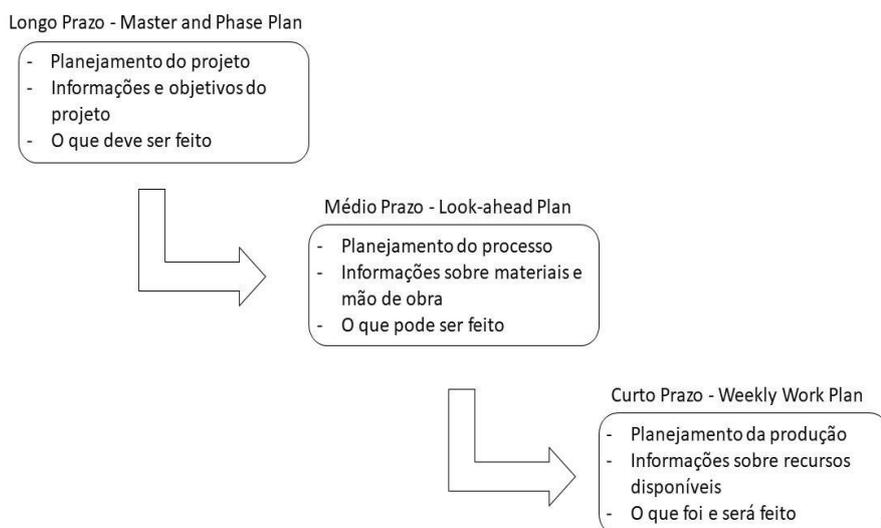
Para se introduzir as técnicas e ferramentas da Construção Enxuta dentro das construtoras o processo de Planejamento e Controle da Produção é a porta de entrada para atingir estes objetivos, uma vez que irá facilitar a identificação das atividades de movimentação e inspeção, além daquelas que consomem tempo, mas não agregam valor ao cliente (KUREK *et al.*, 2012). O PCP, utilizado de forma formal e flexível, é a primeira etapa para manter o ambiente de trabalho estável (ISSA, 2013).

Sendo assim, nos últimos anos a bibliografia vêm adotando pesquisas sobre o método de controle de produção Last Planner. Para Issa (2013), o conceito Last Planner System (LPS) proposto por Ballard (2000), se baseia nos princípios da construção enxuta a fim de minimizar o desperdício no sistema construtivo por meio de um planejamento detalhado de previsões, ou seja, detalhar o fluxo de gestão da construção lidando com variáveis de variabilidade e fluxo de trabalho, envolvendo os operários no campo e no processo de planejamento (DAVE *et al.*, 2014).

O sistema Last Planner adota o plano geral do projeto como sua estrutura principal, mas divide as atividades diariamente de forma a flexibilizar e adotar um controle realista do projeto (GAO e LOW, 2014), sendo assim, o LPS é dividido em três níveis de planejamento; longo prazo (Master and phase plan), médio prazo (Look-ahead plan) e curto prazo (Weekly work plan) (KUREK *et al.*, 2012).

O planejamento de longo prazo é visto como estratégico, pois é ele que irá servir de cronograma geral do projeto e ditar os prazos e marcos de entrega. O planejamento de médio prazo é tratado como tático, já que irá decompor as atividades para seus níveis de operações. É nele também que as tarefas de execução serão abordadas a fim de planejar os prazos de aquisições de materiais, mão de obra e equipamentos (GAO e LOW, 2014). Para Heigermoser *et al.* (2019) o cronograma de planejamento nesta etapa é geralmente de seis semanas, uma vez que a maioria dos problemas podem ser eliminados dentro deste período. Já o planejamento de curto prazo é dito como operacional, pois ele irá detalhar as atividades a serem realizadas na semana e revisar o trabalho feito na semana anterior, justificando e registrando a razão de variação para cada tarefa realizada no plano semanal (GAO e LOW, 2014). A figura a seguir detalha a estrutura do LPS.

Figura 1 - Estrutura do Last Planner System



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Gao e Low (2014).

Portanto, o LPS surge como uma forma de gerir e estimar com confiança os níveis de trabalho (DA SILVA JUNIOR e BORGES JUNIOR, 2010). Adotando o controle do tempo de ciclo de cada processo torna-se possível uma melhora nas previsões de entrega e eficiência da mão de obra (DO PRADO, CALDERARO e PIRAN, 2019), permitindo que a equipe dentro e fora do canteiro de obras receba as informações precisas sobre a construção a fim de manter um planejamento antecipado (DAVE *et al.*, 2014).

2.3 Cadeia de Suprimentos

Gerir uma cadeia de suprimentos, segundo Xing *et al.* (2020), é a partir de tarefas anteriores completamente finalizadas providenciar que os recursos estejam disponíveis no momento certo, na quantidade ideal e com os materiais, mão de obra e equipamentos necessários para se realizar a tarefa. Com esta visão, Dave *et al.* (2014) definiram dois tipos de fluxo de informações que adquirem papel crucial nesta cadeia, o fluxo de orientações e o fluxo de controle, uma vez que as orientações auxiliam na execução e o controle fornece medidas para o planejamento futuro. Assim, ao longo do projeto de construção a disponibilidade destas informações serão necessárias para gerir de forma precisa e oportuna as tarefas do projeto.

Com base nisso, Vrijhoef e Koskela (2000), definiram quatro etapas para a cadeia de suprimentos dentro da construção civil (Four Rules of Supply Chain). A primeira se refere ao foco da cadeia no canteiro de obras, onde o objetivo é reduzir custos e durações de atividades por meio de materiais e mão de obra confiáveis, focando no relacionamento com fornecedores e empreiteiros. Em segundo, focar no abastecimento da cadeia, ou seja, reduzir custos de logística por meio de prazos de entrega e estoques. Em terceiro lugar, transferir atividades de dentro do canteiro de obras para estágios iniciais da cadeia de suprimentos, ou seja, evitar o desperdício de custo e tempo com atividades locais que podem ser inicializadas pelos fornecedores ou contratantes. E por último, o foco deve estar na gestão integrada entre cadeia de suprimentos e canteiro de obras, assim, as tarefas e atividades de produção serão incluídas na cadeia.

2.4 Ferramentas Just- in-Time

No Japão em 1953, Taiichi Ohno, desenvolveu a tecnologia Just-in-Time (JIT) proveniente da produção industrial, trazendo como benefícios a redução do tempo de produção, redução de inventário e estoques, e a melhoria do fluxo de produção. A tecnologia JIT proporcionou os mesmos benefícios para a construção civil (LI *et al.*, 2017).

Dentro do fluxo da construção para utilizarmos as ferramentas JIT dividimos as atividades em três categorias; atividades que agregam valor, atividades que não agregam valor e desperdícios (EIVINDSON *et al.*, 2017). Podemos classificar as atividades que agregam valor sendo as atividades que exercem uma característica que o cliente esteja disposto a pagar (EIVINDSON *et al.*, 2017), atividades que não agregam valor sendo transporte, movimentação e esperas entre as atividades (DA SILVA JUNIOR e BORGES JUNIOR, 2010) e desperdícios sendo o tempo, materiais e espaço consumido, mas que não agregam valor ao cliente (AZIZ e HAFEZ, 2013). Para tal, são utilizadas estratégias para a adaptação e implementação das tecnologias JIT, como;

- *Kanban*, sistema que fornece aos engenheiros da obra um controle sobre o consumo de materiais e fluxo de trabalho, uma vez que a partir de um sistema
- Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 22, n. 2, p. 2966-2993, 2022

puxado, entrega materiais no momento certo e na quantidade certa, conforme sua demanda (ZHANG e CHEN, 2016), ou até que seu cliente, seja interno ou externo, solicite a produção (RUIZ e FONTANINI, 2014). O Kanban também é usado como uma ferramenta visual para mostrar cronogramas diários e semanais detalhados (XING *et al.*, 2020).

- *Gestão da Qualidade Total*, em inglês “Total Quality Management (TQM)” é o método que enfatiza que ao detectar um problema, este deve ser respondido imediatamente, descobrindo os motivos a fim de evitar a recorrência, e constantemente avaliar a qualidade do processo (LI *et al.*, 2017).
- *Reuniões diárias*, fornecem que membros da equipe compartilhem metas alcançadas e obstáculos deparados, enfocando atividades da semana ou atividades a serem feitas naquele dia (ZHANG e CHEN, 2016).
- *Cadeia do fluxo de valor*, em inglês “Value stream mapping” permite, a partir de um conhecimento do processo local, que gestores possam aplicar técnicas para eliminar desperdícios e maximizar valor no processo de construção (ZHANG e CHEN, 2016).
- *PDCA*, ciclo de melhoria no qual, primeiro deve-se explorar as necessidades do cliente, após externar as soluções para que possam ser testadas, depois checar as ações adotadas e por último implementar as sugestões de melhorias para dentro do processo (ZHANG e CHEN, 2016).

A tecnologia JIT auxilia a construção em evitar o trabalho desnecessário, minimizando as transações entre processos e eliminando desperdícios causados por falta de materiais ou superprodução e compras, a fim de tornar o fluxo construtivo mais rápido e sem problemas (LI *et al.*, 2017). Estas ferramentas adotadas com excelência alcançam uma cooperação no processo que estabelece uma base sólida de confiança, que é uma necessidade para a conclusão dos projetos no prazo (DAVE *et al.*, 2014).

2.5 Teoria das Restrições

O surgimento da Teoria das Restrições – TOC (*Theory of Constraints*) proposto por Goldratt e Cox (1984) trouxe uma grande inovação no campo das operações (PUCHE *et al.*, 2019), uma vez que identifica restrições em um conjunto de tarefas

independentes correlacionadas a fim de propor soluções para solucionar ou restringir problemas que possam interferir no elo que conecta estas tarefas, e que podem prejudicar o cumprimento do objetivo final de um sistema (TSOU, 2013).

Dentro da construção civil, a cadeia está vinculada a projetos Engineer-to-Order (ETO), a qual começa com o desenvolvimento e design do novo produto, em uma nova fase é realizado a projeção de elementos de engenharia e após, a aplicação é colocada em prática. Dentro deste tipo de cadeia é comum ocorrerem gargalos de capacidade e gerenciamento, já que projetos podem ser alterados pelo próprio cliente, instalações podem ser interrompidas pelo mau tempo ou cronogramas podem ser alterados por processos logísticos ou problemas técnicos (RAUCH, DALLASEGA e MATT, 2015).

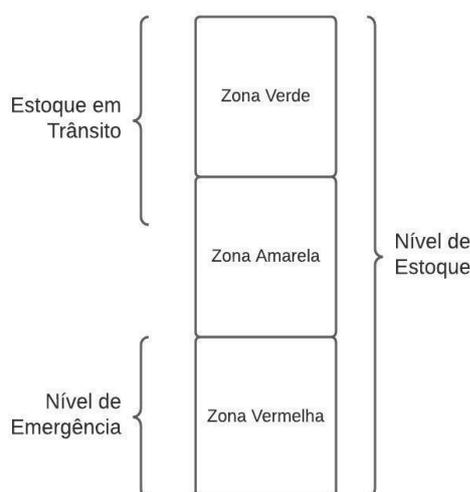
Para gerir a cadeia, a TOC identifica cinco etapas para sua aplicação, são elas; 1) identificar a restrição; 2) explorar a restrição; 3) subordinar o sistema a restrição; 4) elevar a restrição; e 5) voltar a primeira etapa (TSAI, YANG e LIN, 2007). Esta filosofia, de mesmo modo, considera três áreas correlacionadas; medição de desempenho, pensamento lógico e logística (PUCHE *et al.*, 2019), na qual, a medição de desempenho é adotada para decidir se o sistema está cumprindo suas metas, o pensamento lógico auxilia o tomador de decisão na aplicação das cinco etapas citadas anteriormente e a logística que auxilia na aplicação e monitoramento do conceito Tambor-Pulmão-Corda (TSOU, 2013).

O conceito de Tambor-Pulmão-Corda (TPC) pode ser resumido em um mecanismo de planejamento e controle dos estoques. Este é estruturado no “Tambor” que identifica a restrição e dita o ritmo, o “Pulmão” que protege a restrição contra possíveis variabilidades e a “Corda” que sinaliza ao “Pulmão” quando há necessidade da entrada de novos materiais (COX III; SCHLEIER JR., 2013). No TPC, há dois Pulmões que protegem o gargalo contra possíveis dificuldades, o primeiro é posto à frente da restrição a fim de criar um mercado para suprir necessidades, já o segundo é colocado no final do ciclo de vida do projeto a fim de auxiliar na entrega final ao cliente (RAUCH, DALLASEGA e MATT, 2015).

O tamanho do “Pulmão” reflete o padrão de consumo dos estoques, para isso o TOC adota um método simples e direto para realizar o gerenciamento dos pulmões, chamado Gerenciamento Dinâmico do Pulmão (GDP) (TSOU, 2013). Este é dividido em cores que simbolizam a necessidade de reposição dos estoques que é calculada a

partir da utilização do mesmo. Conforme Tsou (2013), quando o nível de estoque está na zona verde não há necessidade de gerir o reabastecimento, conforme o nível cai para a zona amarela é preciso prestar atenção e observar o consumo do “Pulmão”, uma vez que a demanda poderá mudar a qualquer instante. Entretanto, quando o nível está na zona vermelha é preciso acelerar o reabastecimento até que o nível volte a zona verde. A figura abaixo demonstra os níveis de monitoramento do estoque de um “Pulmão”, sendo que o “Nível de Estoque” se refere ao estoque alvo pré-definido, o “Estoque em Trânsito” se refere ao nível a ser preenchido pela programação calculada a partir do tempo de abastecimento e demanda, e o “Nível de Emergência” é o quando o estoque está em mesmo nível que a demanda.

Figura 2 - Níveis de Monitoramento do Pulmão



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Tsou, 2013.

Projetar e construir projetos complexos de acordo com especificações exatas dos clientes são processos que envolvem longos prazos de entrega e grandes volumes de engenharia (RAUCH, DALLASEGA e MATT, 2015). Para isso, a contínua melhoria do sistema como um todo é essencial, já que, como um dos objetivos da TOC aponta, a soma de todos os ótimos locais não resulta no ótimo global e a quebra de uma restrição pode ser o elo principal para alcançar um melhor desempenho do sistema (TSAI, YANG e LIN, 2007).

2.6 Construção Enxuta x Teoria das Restrições

Tanto o *Lean Construction* quanto a Teoria das Restrições utilizam técnicas de produção puxada para gerenciar informações e fluxos de materiais, ou seja, a fabricação e compra de materiais são inteiramente relacionadas a demanda do cliente. Ambas as teorias também entendem que a percepção do cliente é crucial para atingir os objetivos, além de utilizarem técnicas de melhorias durante todo o processo (PUCHE *et al.*, 2019).

Entretanto, há uma diferença entre os pensamentos quanto a obsessão por redução de desperdícios versus o aumento do rendimento, já que na Construção Enxuta os estoques são interpretados de forma a atender uma variabilidade até que a mesma não seja mais visível, e assim, eliminar qualquer tipo de desperdício e estoques durante o processo, enquanto a TOC permanece com estoques concentrados ao gargalo a fim de aumentar o rendimento do projeto (PUCHE *et al.*, 2019). O quadro a seguir demonstra algumas diferenças e concordâncias entre os dois pensamentos.

Quadro 3 - Construção Enxuta x Teoria das Restrições

Abordagem	Construção Enxuta	Teoria das Restrições
Ideia Central	Eliminar Desperdícios	Maximizar Rendimento
Foco	No Fluxo	Na Restrição
Efeito	Reduzir Desperdícios	Aumentar o Ganho
Estoques	Mínimo Possível	Em frente ao Gargalo
Gestão de Estoques	Kanban	Tambor-Pulmão-Corda
Acionamento da Produção	Produção Puxada	Produção Puxada
Fluxo de Material	Desencadeado no Processo	Desencadeado no Projeto
Controle de Qualidade	Em todo o Processo	Em todo o Processo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo dos últimos anos diversos autores vêm destacando que soluções híbridas devem ser tomadas a fim de retirar dos dois pensamentos as melhores ideias e assim potencializar os resultados (PUCHE, 2019). Para Tsai, Yang e Lin (2007), é necessário que toda a cadeia dentro do processo seja vista em sua totalidade e necessita ser otimizada por um esquema colaborativo, ao invés de elementos individuais. Portanto, tanto ao utilizar elementos da TOC ou LC é importante sincronizar elementos de engenharia com sua fabricação e instalações no canteiro de

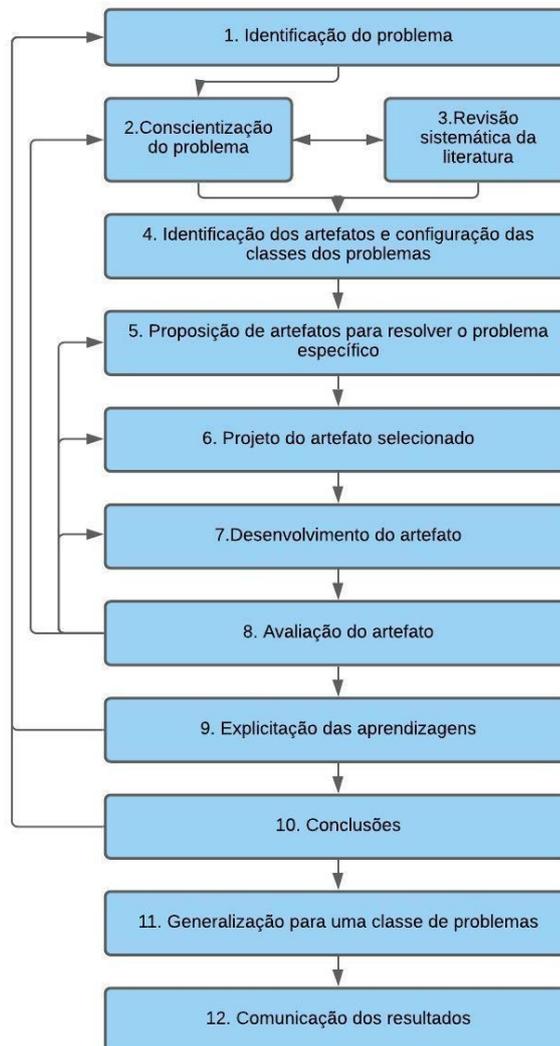
obras, permitindo um comprometimento no sistema de produção e distribuição (RAUCH, DALLASEGA e MATT, 2015).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Método de Pesquisa

Para Dresch, Lacerda e Antunes (2015) a *Design Science Research* (DSR) surgiu como um método científico que auxilia na condução de pesquisas, adotando como prática o desenvolvimento, criação ou resoluções de problemas para sistemas inexistentes ou já existentes. Sendo assim, o conhecimento gerado é prescritivo e está preocupado em resolver problemas relevantes, que melhoram as situações existentes (LACERDA *et al.*, 2013). A figura abaixo esclarece as etapas abordadas pelo *Design Science Research* na elaboração da pesquisa.

Figura 3 - Etapas da *Design Science Research*



Fonte: Dresch, Lacerda e Antunes (2015).

3.2 Método de trabalho

Nas primeiras etapas foram identificados problemas voltados a utilização de materiais em projetos de construção dentro do contexto de trabalho em uma empresa da construção civil. Após, a fim de buscar a conscientização do problema, conceitos e áreas de atuação foram definidos para o desenvolvimento do artefato por meio da literatura.

Com auxílio da literatura foi possível elaborar ideias que contribuiriam no escopo do desenvolvimento do projeto. As ideias que melhor se adequassem ao

resultado almejado foram selecionadas, a fim de propor o método mais satisfatório para eliminar desperdícios dentro da cadeia de suprimentos da construção.

Houve também a validação da performance do artefato, na qual com opiniões do especialista foi possível aprimorar a pesquisa e aperfeiçoar técnicas abordadas, o quadro 4 apresenta o especialista responsável pela validação. Após, o artefato tem seus resultados explicados a fim de expressar seus conceitos e ideias. O artefato ainda aponta temas de pesquisas futuras e conclui expondo os resultados encontrados.

Quadro 4 - Avaliação do Especialista

Especialista	Atribuição
Sócio-Diretor (Planejamento)	Sócio-Diretor da empresa responsável pelo setor de planejamento.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4 ANÁLISE

4.1 Modelo de Gestão de Suprimentos da Construção Civil

O modelo demonstrado na figura 4 foi nomeado Modelo de Gestão de Suprimentos da Construção Civil, desenvolvido pelo autor e validado a partir da avaliação do especialista, com o objetivo de auxiliar e gerir a cadeia de suprimentos dentro do ambiente da construção civil. Esta versão está dividida em três fases de planejamento que irão nortear e dar suporte as tomadas de decisões e gerenciamento das atividades dentro da cadeia de suprimentos.

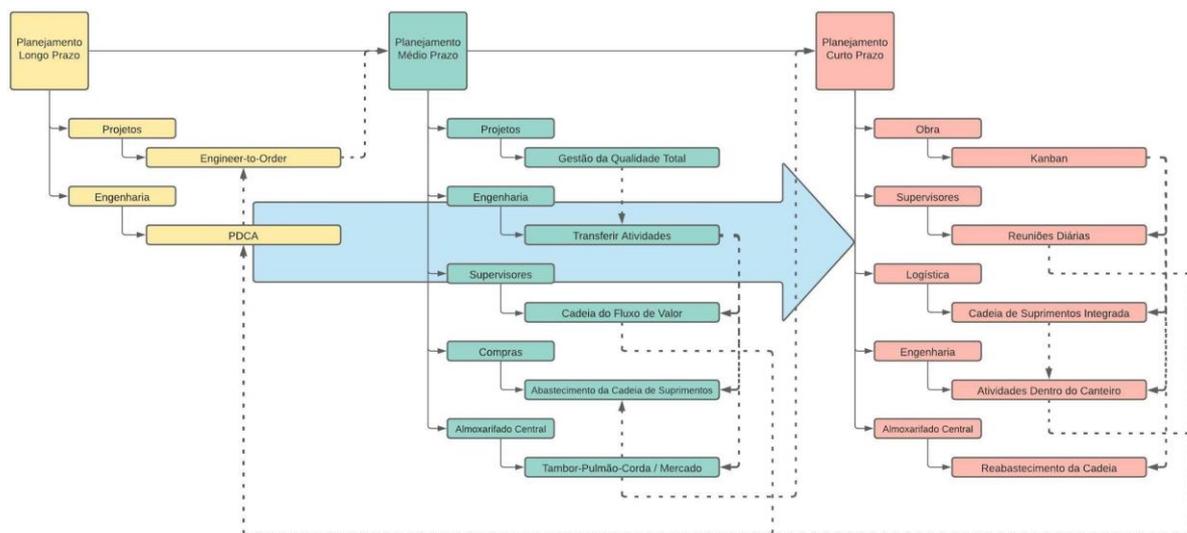
A partir de três etapas de planejamento, o artefato apresenta subdivisões dentro de cada fase do planejamento que estão interligadas para o contínuo desenvolvimento do processo. Cada subdivisão representa um setor dentro da cadeia de suprimentos e nele é desenvolvido um método que auxilia na gestão, manutenção ou correção de problemas e atividades que ocorrem dentro da cadeia.

O fluxo de informações é representado pela seta, demonstrando que o artefato inicia no Planejamento de Longo Prazo, dando sequência a partir do Planejamento de Médio Prazo e finalizando no Planejamento de Curto Prazo. Cada subdivisão dentro das etapas de planejamento também representam o fluxo de informações, sendo as subdivisões iniciais aqueles que terão suas tomadas de decisões começando antes que a subdivisão seguinte. Vale ressaltar que, para uma subdivisão dar início ao seu

método não é necessário que a subdivisão anterior tenha terminado, visto que alguns métodos têm características contínuas o que implicam na elaboração da atividade durante todo o processo.

Como forma de ilustrar a troca de informações entre processos, o modelo apresenta o fluxo de informações entre a cadeia representada pela linha tracejada entre as atividades, conforme Figura 4. A linha detecta o ponto inicial da informação que em sequência é extrapolada aos demais setores e atividades para que a informação chegue da maneira mais assertiva e rápida possível aos responsáveis pela execução da atividade.

Figura 4 - Modelo de Gestão de Suprimentos da Construção Civil

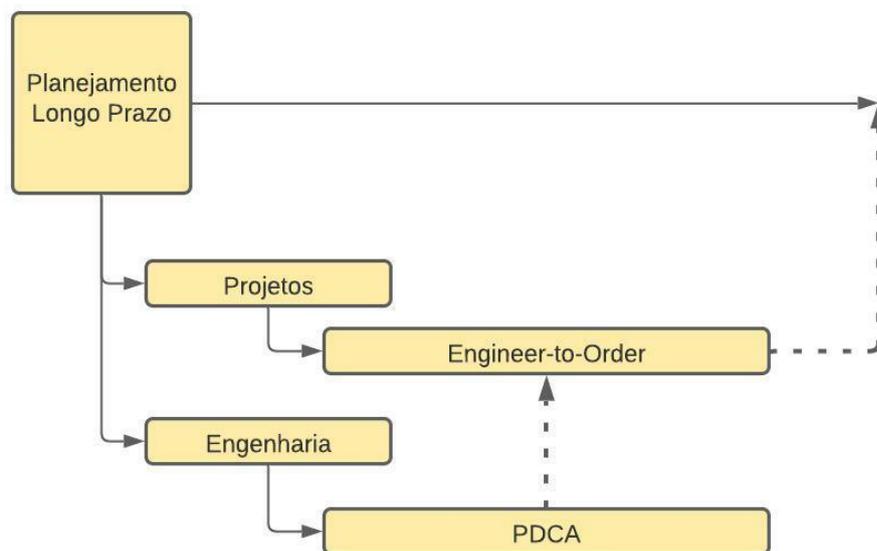


Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.1 Planejamento de Longo Prazo

O modelo inicia-se no Planejamento de Longo Prazo, no qual irá ditar os prazos e principais datas de entrega e desenvolvimento do projeto. Nesta etapa macros atividades são definidas para que cada etapa possa se organizar e estabelecer marcos de entrega e projetar o que deve ser feito, como por exemplo, data inicial da etapa de fundações e data limite para entrega do projeto. Este é o primeiro planejamento e tem como base o Engineer-to-Order.

Figura 5 - Planejamento de Longo Prazo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nesta etapa o setor de projetos, com base no Engineer-to-Order - ETO, projeta e desenvolve características gerais do projeto conforme orientações do cliente. É crucial nesta etapa o responsável pelo projeto desenvolvê-lo junto ao cliente para que cada detalhe possa ser interpretado e avaliado dentro do empreendimento, uma vez que características mal compreendidas podem resultar em processos errados de execução, causando retrabalho e desperdícios de tempo e materiais. A partir desta etapa as informações serão repassadas para a sequência do planejamento, sendo assim, informações deverão estar bem estabelecidas para a continuidade do processo.

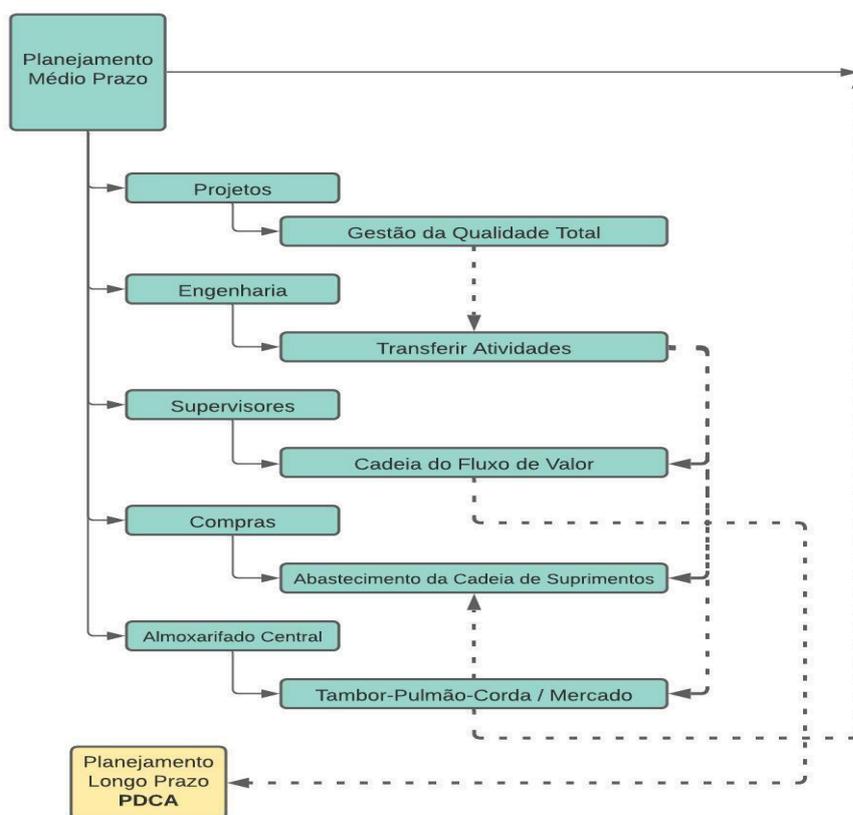
Junto a isso, o ciclo do PDCA servirá de suporte para as tomadas de decisões perante a projetos de execução e instalações. O processo de melhoria contínua se constituirá com informações de projetos passados e instalações já executadas para que o conhecimento adquirido possa ajudar a definir formas de execução conforme exigências do cliente, como por exemplo, utilizar conhecimentos adquiridos com aplicações passadas para estruturar o plano de execução para um novo tipo de revestimento cerâmico escolhido pelo cliente ou definir maneiras mais ágeis de aplicação de forros para um adiantamento das atividades quando necessário encurtar o prazo final de entrega. Para que estas informações possam ser testadas e checadas

é necessário a compreensão de todos na cadeia, seja os responsáveis pela execução da obra com a percepção de como a atividade ocorreu ou com setores de engenharia e projetos para uma verificação da performance e qualidade da atividade.

4.3.2 Planejamento de Médio Prazo

A segunda etapa do processo é o Planejamento de Médio Prazo, este tem como característica as definições de cada etapa das atividades dentro do projeto, ou seja, a partir de definições estabelecidas pelo ETO irá promover datas de início e fim para cada atividade, além de calcular quantidade de insumos e mão de obra necessárias para desenvolver a atividade. Nesta etapa é importante uma colaboração entre setores, uma vez que este planejamento se baseia em um período de tempo entre seis a oito semanas, tal qual servirá para que cada setor possa resolver suas pendências a encaminhar as informações ou materiais conforme planejados para dentro da obra ou repassar ao processo seguinte.

Figura 6 - Planejamento de Médio Prazo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O processo começa com a ferramenta TQM – Total Quality Management que servirá para que cada detalhe da execução possa ser antecipado e assim evitar qualquer perda no momento de executar a atividade. Como por exemplo, detalhar o projeto elétrico para que as medições possam estar de acordo e melhorar a eficiência da instalação, ou ainda definir junto ao cliente louças e metais utilizados no projeto para uma antecipação do pedido de compra junto ao fornecedor, prevenindo-se assim contra o atraso na falta ou escassez do mercado.

Em seguida é realizada a etapa de transferência de atividades, na qual o planejamento irá junto as definições estabelecidas do cliente e características do projeto calcular e definir a quantidade exata de insumos para a execução de cada atividade. Esta etapa é denominada de transferência pois, tanto a obra quanto empresas de instalações não terão participações na escolha de quantidade e tipos de insumos, esta tarefa cabe a etapa analisar perante o cliente e ao estoque a quantidade necessária e o material ideal para a execução. Como exemplo, podemos citar a análise e definição de materiais necessários para a instalação da etapa hidrossanitária do projeto, na qual irá a partir das características do projeto quantificar os diferentes tipos de insumos e assim analisar junto aos materiais em estoque a necessidade da compra dos itens restantes ou o aproveitamento de materiais provenientes de outras obras. Esta etapa é essencial para manter o controle e equilíbrio entre os processos, regulando e coordenando a utilização de insumos entre obras.

Após a definição e quantificação de materiais para cada atividade, é utilizada a Cadeia de Fluxo de Valor para mapear e aprovar as definições estabelecidas. Nesta etapa é utilizado o conhecimento do processo dos supervisores de obras juntamente com equipe técnica de instalação para averiguar se os insumos irão atender a necessidade e definir a partir das datas pré-definidas a quantidade de mão de obra necessária para realizar a tarefa, como por exemplo, avaliar materiais adquiridos, equipamentos e pessoal para que a concretagem das lajes ocorra entre as datas estabelecidas. Nesta etapa, atividades e processos são registrados para que sua execução ou problemas ocorridos dentro do processo sejam utilizados como forma de gerir o ciclo do PDCA.

O setor de compras terá nessa etapa do planejamento um auxílio das informações vindas a partir da Transferência de Atividades e será encarregado do

abastecimento da cadeia de suprimentos. Nesta etapa o setor receberá ordens de compras já selecionadas e subdivididas conforme cada etapa de instalação, o que irá resultar em menos ordens de compras, mas com grande quantidade de insumos, facilitando assim o poder de barganha junto aos fornecedores e permitindo programar prazos de entrega e pagamentos. O setor também receberá ordens de compras vindas do Almojarifado Central, mas estas contendo itens pré-estabelecidos e controlados. Sendo assim, o setor reduzirá os pedidos com caráter de urgência, possibilitando um foco maior nos materiais que representam grandes orçamentos dentro de um projeto de construção, como o aço, por exemplo.

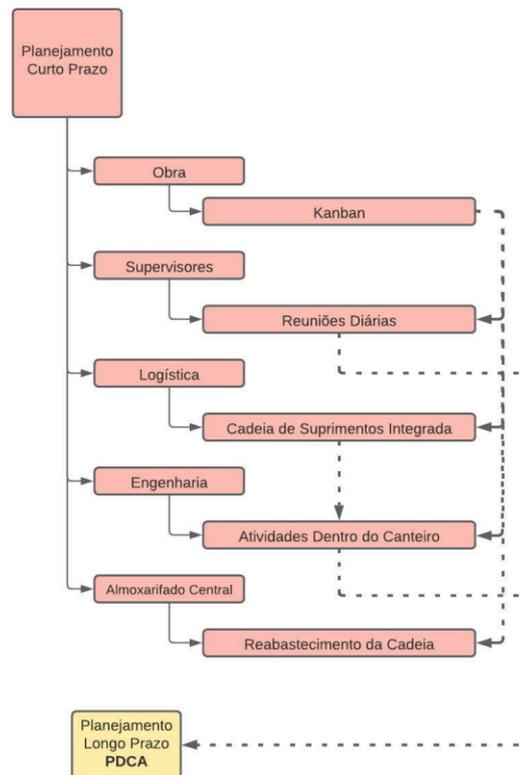
O Almojarifado Central terá um papel administrador dentro da cadeia de suprimentos, a partir dele será implantado o método Tambor-Pulmão-Corda que trará ao setor características de um Mercado para as obras. Nesta atividade alguns itens serão estabelecidos para permanecerem em estoque a fim de atender rapidamente uma obra quanto esta necessita do material para finalizar uma tarefa pendente. As escolhas dos itens que estarão em estoque seguirão duas características principais; 1) deverão ser materiais utilizados em todas as obras, como pregos e arames para a execução de fundações ou parafusos para a execução de coberturas; 2) deverão ter um lead time maior que três semanas, ou seja, aqueles materiais que quando solicitados aos fornecedores necessitam um maior prazo de entrega. Os materiais que não se enquadram dentro destas características não deverão estar presentes no controle de estoque do Almojarifado Central. O controle e dimensionamento dos estoques será feito a partir do Gerenciamento Dinâmico do Pulmão (GDP), que contará com os níveis de gerenciamento e controle visual nas cores verde, amarelo e vermelho para uma melhor análise e entendimento de toda a cadeia, a fim de compreender o momento certo de repor os estoques. A partir do ritmo estabelecido para os estoques, a cadeia de suprimentos seguirá para sua última etapa de planejamento.

4.3.3 Planejamento de Curto Prazo

A terceira e última etapa do processo é denominado Planejamento de Curto Prazo e tem características operacionais, já que é nesta etapa do planejamento que irão ocorrer as atividades dentro do canteiro de obras. Este planejamento tem um

controle semanal e é nele que gargalos são identificados e os maiores problemas surgem, para isso, toda a informação antes computada e repassada entre setores necessita estar de acordo para que as atividades possam seguir sem maiores interrupções.

Figura 7 - Planejamento de Curto Prazo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A cadeia de suprimentos nesta etapa está seguindo o ritmo de produção das obras, sendo assim, qualquer material solicitado terá caráter de urgência a sua aplicação e consumo. Cabe então ao ritmo estabelecido pelo controle de estoques dentro do Almoxarifado Central direcionar a demanda e a obra verificar e gerenciar seu estoque semanalmente, para isso, a ferramenta Kanban servirá de padronização para qualquer controle de estoque dentro do canteiro de obras. A ferramenta nesta etapa servirá como molde para gerenciar os estoques dentro da obra permitindo uma fácil percepção do nível atual de materiais. Como exemplo, a partir de prateleiras padronizadas a obra terá um local específico de armazenamento para tubos e conexões de esgoto, permitindo um fácil manuseio das tubulações e uma rápida

percepção da quantidade disponível de conexões, assim, o responsável pelo almoxarifado em obra saberá o local correto de armazenamento independente de qual obra está atuando. Junto a ferramenta se estabelecerá um critério para o nível de segurança dos estoques, que diferente da aplicação dentro do Sistema Toyota de Produção que utiliza o método dos cartões, agora ela se baseará no consumo total de materiais definidos na etapa do Planejamento de Médio Prazo e qualquer necessidade adicional se baseará no ritmo do Almoxarifado Central, como exemplo é a criação de zonas de armazenamento para cimento e argamassa, onde demarcações sinalizarão quando a quantidade atual de sacos atingirá a necessidade da reposição do estoque. A ferramenta implantada permitirá uma gestão e controle dos materiais que irá nortear todo o Planejamento de Curto Prazo.

A partir do ritmo da obra, reuniões serão necessárias para avaliar o progresso da obra. Como gestão ideal, reuniões diárias permitirão os responsáveis pela obra acompanhar o andamento das atividades permitindo que ações possam ser antecipadas e problemas discutidos. Nesta etapa é importante que o cronograma semanal seja cumprido a fim de complementar as etapas definidas no Planejamento de Médio Prazo, e caso algum problema ocorrer ou melhorias forem feitas, estas deverão ser mencionadas e avaliadas a fim de complementarem o ciclo do PDCA no Planejamento de Longo Prazo.

Para que a obra consiga atender seus prazos e tarefas possam ser executas dentro do previsto, a cadeia de suprimentos deverá estar interligada juntamente com o setor logístico. Tanto a movimentação de materiais dentro da obra quanto a logística externa precisa estar preparada para atender as necessidades e demanda, sendo assim, atividades que necessitam de apoio logísticos já devem estar previamente agendadas para uma melhor organização, como por exemplo, antecipar a entrega de materiais necessários antes da data inicial de cada atividade. Outro ponto importante nesta etapa é utilizar entregas de materiais já direcionadas as obras, mantendo prazos de entrega coordenados com as etapas de execução, ou seja, programar entregas de fornecedores para que os materiais possam ser direcionados diretamente a obra quando os mesmos estiverem próximos de sua data de instalação, evitando assim deslocamentos desnecessários e o inadequado armazenamento dentro do canteiro de obras, prevenindo-os de danificações.

O setor de engenharia nesta etapa deverá monitorar todos os processos de execução, sendo responsáveis pela avaliação de empresas contratantes e andamento da obra. Neste momento a percepção de materiais que podem ser inicializados fora do canteiro de obras, por contratantes ou outra equipe, é essencial para o cumprimento dos prazos, como por exemplo, a confecção simultânea das formas de moldagem de lajes e vigas para sua concretagem, que a partir de sua modularização permite que em obra seja necessário somente a sua montagem. Assim, prazos podem ser encurtados proporcionando um ganho adicional no prazo final da obra. Nesta etapa, todas as atividades deverão ser analisadas para o contínuo melhoramento do PDCA.

Problemas irão ocorrer e uma rápida resposta ao problema é crucial para o andamento da obra, sendo assim, nesta etapa o Almojarifado Central é responsável pelo rápido reabastecimento da cadeia. O gargalo de uma obra é sua fase final de execução, ou seja, quando o projeto está perto de sua data de entrega, e para isso o Almojarifado Central terá responsabilidade de proteger o gargalo fornecendo rapidamente os materiais solicitados, e para isso a cadeia de suprimentos deverá estar integrada e conectada para que uma rápida resposta seja possível. Neste momento, o Almojarifado Central dará o suporte principal, mas caso seja necessário o almojarifado se estenderá as outras obras, sendo estas responsáveis também de atender a demanda necessária para resolver o problema, com isso, a cadeia como um todo deverá estar integrada para que a necessidade possa ser localizada e o problema resolvido com rapidez.

5 DISCUSSÃO

O presente artigo propôs utilizar técnicas e pensamentos originadas dentro da indústria de manufatura, mas que ao longo dos anos veem transcendendo suas atividades para otimizar processos em diversas áreas. O pensamento Lean, por exemplo, trouxe para dentro da construção civil eficiências que colaboradas a cadeia de suprimentos impulsionaram o ganho de tempo, qualidade das atividades, inovação e a eliminação de desperdícios (XING *et al.*, 2020). Já a Teria das Restrições, processo este que por apresentar ganhos importantes para o capital de uma empresa e a geração de lucro, necessita ser extrapolado e adotado também no setor, apesar

de neste primeiro momento o artefato não utilizar métricas financeiras para avaliação descritas por Goldratt e Cox (1984).

Além da contribuição e modificação dos processos por meio destes dois pensamentos, o artigo apresenta ainda técnicas e ferramentas que auxiliam e contribuem para a gestão e tomada de decisão ao longo do processo. O modelo Last Planner proporciona uma visão diferente dos modelos convencionais de gerenciamento de obras, uma vez que nos métodos tradicionais ocorre uma grande falta de informações entre o planejamento de longo prazo até a etapa de execução, o que ocasiona tarefas não planejadas detalhadamente, recursos e informações não distribuídos no tempo necessário e gargalos não eliminados a tempo (HEIGERMOSER *et al.*, 2019), enquanto que as ferramentas provenientes do pensamento Lean adicionam ao processo uma maior segurança e confiança sobre como as atividades devem ocorrer e previnem possíveis problemas futuros.

O artefato elaborado proporciona as organizações dentro da construção civil conduzir e gerenciar seus fluxos de materiais e informações a fim de reduzir desperdícios dentro da cadeia, mas para isso, a organização necessita estar preparada a modificar e inovar em processos que persistem ao longo de muitos anos dentro do setor. A implementação das ideias propostas pelo artefato pode servir para que a empresa, independentemente de seu tamanho e orçamento, possa alavancar seus ganhos, promovendo uma melhor resposta ao atual mercado e um aperfeiçoamento no atendimento ao cliente.

6 CONCLUSÃO

Este artefato teve como objetivo propor um modelo de gestão de suprimentos dentro da cadeia da construção civil utilizando técnicas e ferramentas provenientes do *Lean Construction* e da Teoria das Restrições, para que construtoras e demais empresas do setor possam identificar e reduzir desperdícios, proporcionando um aumento de produtividade e auxiliando para que projetos possam ser executados sem que se extrapole seu orçamento. Para atingir tal objetivo o modelo foi dividido em etapas de planejamento que proporcionaram aos gestores identificar e elaborar técnicas e métodos para que o projeto possa ser executado com precisão e detalhando suas atividades para que cada tarefa seja executada com eficiência.

O artefato atingiu seu objetivo através da representação do modelo e detalhamento de cada atividade através da pesquisa feita pelo autor na literatura, conhecimentos adquiridos profissionalmente e sugestões propostas em entrevista pelo sócio diretor da empresa. Por meio destes conhecimentos, o artefato foi capaz de exemplificar atividades determinantes para que cada setor dentro da empresa consiga promover melhorias e executar o modelo de maneira eficaz.

O estudo limita-se a aplicação do artefato dentro da empresa, uma vez que por prazos estipulados e o tempo necessário para a implantação de todo o modelo dentro da empresa não foi possível realizar a sua aplicação. Sendo assim, o artefato se restringe aos conhecimentos adquiridos pelo autor e sugestões do especialista.

Para pesquisa e estudos futuros, sugere-se a aplicação do artefato dentro de uma cadeia de suprimentos da construção civil, permitindo assim que o estudo possa ser testado e avaliado conforme a execução e adoção das práticas elaboradas. Também, recomenda-se que aplicações referentes a Teoria das Restrições possam ser desenvolvidas para que o pensamento possa ser adotado seguindo sua filosofia por completo, com métodos de gerenciamentos e indicadores provenientes da TOC influenciando todo o processo. E como parte da inovação e surgimento de novas tendências, é recomendável que estudos futuros adicionem técnicas e ferramentas provenientes da Revolução Industrial 4.0, que proporcionaram ao setor a iteração de processos em tempo real, simulações de controle e demanda de estoques e necessidades mais precisas, fatores estes que irão permitir uma evolução para o desenvolvimento do artefato.

REFERÊNCIAS

ASLAM, Mughees; GAO, Zhili; SMITH, Gary. Exploring factors for implementing lean construction for rapid initial successes in construction. **Journal of Cleaner Production**, v. 277, p. 123295, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123295>

AURELIANO, Filipe d'S. *et al.* Application of lean manufacturing in construction management. **Procedia Manufacturing**, v. 38, p. 241-247, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.032>

AZIZ, Remon Fayek; HAFEZ, Sherif Mohamed. Applying lean thinking in construction and performance improvement. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 679-695, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>

COX III, James F.; SCHLEIER, John G. **Handbook da teoria das restrições**. Bookman Editora, 2013.

SILVA JUNIOR, O.; BORGES JUNIOR, C. Roteiro para elaboração do planejamento da produção de empreendimentos da indústria da construção civil, segundo os princípios da construção enxuta. *In*: VII SEGET–SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, Anais [...] UERJ. Rio de Janeiro, 2010. DOI: <https://doi.org/10.47749/t/unicamp.2016.976525>

DAVE, Bhargav *et al.* Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. **Automation in construction**, v. 61, p. 86-97, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.10.009>

DO PRADO, Josiel Silva; CALDERARO, Douglas Rhoden; PIRAN, Fabio Antonio Sartori. Efeitos da utilização dos princípios da construção enxuta no desempenho operacional das empresas da construção civil: uma pesquisa considerando a percepção de profissionais do Rio Grande do Sul. **Revista Produção Online**, v. 19, n. 2, p. 498-517, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i2.3231>

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JR, José Antônio Valle. **Design science research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Bookman Editora, 2015.

EIVINDSON, Espen *et al.* Inefficiencies in Norwegian small-scale construction, or the problem of too long trucks. **Procedia engineering**, v. 196, p. 543-549, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.028>

GAO, Shang; LOW, Sui Pheng. The Last Planner System in China's construction industry—A SWOT analysis on implementation. **International Journal of Project Management**, v. 32, n. 7, p. 1260-1272, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.002>

HEIGERMOSER, Daniel *et al.* BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, v. 104, p. 246-254, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>

ISSA, Usama Hamed. Implementation of lean construction techniques for minimizing the risks effect on project construction time. **Alexandria Engineering Journal**, v. 52, n. 4, p. 697-704, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.07.003>

KUREK, Juliana *et al.* Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 2, n. 1, p. 20-36, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v2n1p20-36>

LACERDA, Daniel Pacheco *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2013005000014>

- LALMI, Abdallah; FERNANDES, Gabriela; SOUAD, Sassi Boudemagh. A conceptual hybrid project management model for construction projects. **Procedia Computer Science**, v. 181, p. 921-930, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.248>
- LI, Shuquan *et al.* A study on the evaluation of implementation level of lean construction in two Chinese firms. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 71, p. 846-851, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.112>
- MAUS, Tais Lima; LACERDA, Daniel Pacheco; TOMASZEWSKI, Lissandra Andrea. Análise de uma Cadeia de Suprimentos a partir da Teoria das Restrições. *In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2016. DOI: https://doi.org/10.14488/enegep2021_tn_sto_355_1826_42616
- NETTO, Joaquim Teixeira *et al.* Proposta de melhorias na gestão de empresas de construção civil: um estudo de caso internacional. **Interações (Campo Grande)**, v. 21, n. 3, p. 499-512, 2020. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v21i3.2042>
- PUCHE, Julio *et al.* The effect of supply chain noise on the financial performance of Kanban and Drum-Buffer-Rope: An agent-based perspective. **Expert Systems with Applications**, v. 120, p. 87-102, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.11.009>
- RAUCH, Erwin; DALLASEGA, Patrick; MATT, Dominik T. Synchronization of engineering, manufacturing and on-site installation in lean ETO-enterprises. **Procedia CIRP**, v. 37, p. 128-133, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.047>
- RUIZ, Phelipe Viana; FONTANINI, Patricia Stella Pucharelli. Avaliação Do Planejamento De Fluxos De Materiais No Setor Da Construção Civil. **Evaluation of Material Flow Planning in the Civil Construction Sector) XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 1478-1487, 2014. DOI: <https://doi.org/10.17012/entac2014.782>
- SIKILERO, Cláudio *et al.* Gestão da cadeia de suprimentos: uma reflexão a partir da teoria das restrições. **Revista ESPACIOS**, v. 35, n. 4, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5151/978-85-8039-149-7>
- SMALL, Edgar P.; AL HAMOURI, Khaled; AL HAMOURI, Husameddin. Examination of opportunities for integration of lean principles in construction in Dubai. **Procedia engineering**, v. 196, p. 616-621, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.049>
- TSAI, Ming-Kuan; YANG, Jyh-Bin; LIN, Chang-Yu. Synchronization-based model for improving on-site data collection performance. **Automation in construction**, v. 16, n. 3, p. 323-335, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.07.001>
- TSOU, Chi-Ming. On the strategy of supply chain collaboration based on dynamic inventory target level management: A theory of constraint perspective. **Applied**

Mathematical Modelling, v. 37, n. 7, p. 5204-5214, 2013. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.10.031>

VRIJHOEF, Ruben; KOSKELA, Lauri. The four roles of supply chain management in construction. **European journal of purchasing & supply management**, v. 6, n. 3-4, p. 169-178, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0969-7012\(00\)00013-7](https://doi.org/10.1016/s0969-7012(00)00013-7)

XING, Weiqi *et al.* Implementing lean construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 286, p. 124944, 2021. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124944>

ZHANG, Lianying; CHEN, Xi. Role of lean tools in supporting knowledge creation and performance in lean construction. **Procedia Engineering**, v. 145, p. 1267-1274, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.163>



Artigo recebido em: 19/07/2022 e aceito para publicação em: 27/12/2022
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i2.4704>