



“APLICAÇÃO AUTOMATIZADA DO *LEAN CONSTRUCTION* POR FERRAMENTA COMPUTACIONAL”

“*AUTOMATED APPLICATION OF LEAN CONSTRUCTION BY COMPUTATIONAL TOOL*”

Chaves, C.M.E¹

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Roriz, P. J. M.²

Professor., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ *engchristofer.06@gmail.com*; ² *professorpaulororiz@gmail.com*

RESUMO: Diante do atual cenário nacional, é imprescindível a busca por ferramentas de controle e gestão eficazes, que garantam a sobrevivência das empresas construtoras, diante dos momentos de crise. A *Lean Construction*, nesse contexto, é aplicada para otimizar processos na entrega dos produtos e controle de desperdícios, até a entrega do produto final. Tem o objetivo principal demonstrar a possibilidade da aplicação de um software computacional, aliado ao conceito de *Lean Construction*, para automatizar o planejamento e o controle de execução dos processos da construção civil. A metodologia deste trabalho foi a pesquisa bibliográfica, em que se buscaram os dados de planejamento e controle de execução de obra e com base nos princípios de *Lean Construction*. A pesquisa usou como evidência inicial uma listagem de parâmetros fornecidos por Koskela (1992), observando a evolução da implantação de inovações nos canteiros de obras do país, e após verificar a existência de novas tecnologias ainda não identificadas.

Palavras-chaves: Lean Construction, Construção Civil, Casas 1.0.

ABSTRACT: *In view of the current national scenario, it is essential to search for effective control and management tools that will guarantee the survival of construction companies in times of crisis. Lean Construction, in this context, is applied to optimize processes in the delivery of products and control of waste, until the delivery of the final product. Its main objective is to demonstrate the possibility of applying computational software, combined with the concept of Lean Construction, to automate the planning and execution control of civil construction processes. The methodology of this work was the bibliographical research, in which the data of planning and control of execution of work was searched and based on the principles of Lean Construction. The research used as initial evidence a list of parameters provided by Koskela (1992), observing the evolution of the implantation of innovations in the country's construction sites, and after verifying the existence of new technologies not yet identified.*

Keywords: Lean Construction, Construction, Casas 1.0. Houses 1.0.

Área de Concentração: 01 – Construção Civil

1. INTRODUÇÃO

O Setor da Construção Civil vive um cenário de recuperação das perdas observadas desde 2020, o primeiro ano da pandemia. Em meados de 2022, o resultado do seu PIB está 7,8% acima do observado em 2019. Apesar dos números atuais serem positivos, o Setor ainda não conseguiu recompor as perdas registradas em suas atividades nos anos anteriores. Ao

observar o período de 2014 a 2021, a Construção Civil contabiliza uma queda de 26%, em seu PIB no Brasil, ou seja, caso no ano passado não houvesse um crescimento expressivo, os números finais seriam ainda mais desestimuladores (CBIC, 2022).

A *Lean Construction* foi introduzida no setor da Construção Civil como resposta às necessidades apresentadas. Trata-se de uma filosofia de gestão da produção, que tem como foco a obra; é relativamente nova e teve origem no trabalho do pesquisador finlandês Lauri Koskela, em 1992 (ASSUMPÇÃO, 1996).

Essa nova filosofia envolve ferramentas que contribuem para um planejamento que garanta um controle melhor dos processos, permitindo a identificação de erros com facilidade, a agilidade e praticidade nas tomadas de decisões, e a previsibilidade de cenários futuros, sendo eles favoráveis ou (ASSUMPÇÃO, 1996)

Portanto, utilizar ferramentas proporcionadas pela tecnologia, as quais ajudam a criar técnicas e procedimentos que deixem as produções mais rentáveis e diminuam desperdícios na produção de resíduos, mostra-se uma alternativa essencial, no campo da construção civil, já que movimenta vários setores de trabalho e da economia (ASSUMPÇÃO, 1996)

Este estudo objetiva demonstrar a possibilidade de se aplicarem os princípios da *Lean Construction*, automaticamente, através de programas computacionais, voltados para o planejamento e controle de execução da obra. Para alcançar o objetivo proposto, adotou-se, como metodologia de trabalho, a pesquisa bibliográfica, que esteve alicerçada nas discussões de: Koskela (1992), Shingo (1996) e Dennis (2007). Esses autores discutem os pressupostos da *Lean Construction*, assim

como Mckinsey (2022), Beltrame (2007) que apontam os principais benefícios da implantação de tecnologias na Construção Civil.

Assim, esta investigação, além da introdução e das considerações finais, apresenta a seguinte estrutura: no primeiro capítulo são discutidos os conceitos, benefícios e princípios da *Lean Construction*; no segundo, as discussões voltam-se para a análise dos impactos e oportunidades da automação na Construção Civil; no terceiro capítulo, é feita uma abordagem sobre os sistemas integrados e são apresentados os *softwares* usados na Construção Civil; o quinto capítulo traz pesquisas desenvolvidas na área e suas principais conclusões.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. LEAN CONSTRUCTION

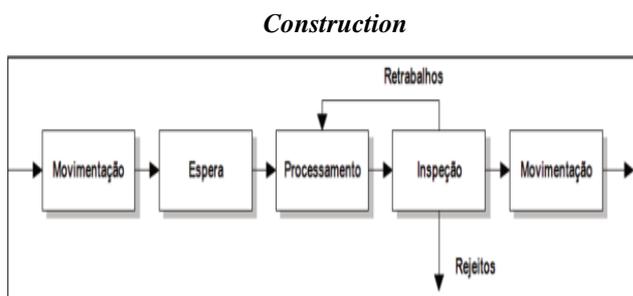
A Construção Civil é um setor de atividades que envolve grande quantidade de variáveis e se desenvolve em um ambiente particularmente dinâmico e mutável. Nesse sentido, é essencial que os profissionais responsáveis pela gestão de um empreendimento desenvolvam uma visão macro e sistêmica, que lhes permita lidar com as diversas situações e desafios do setor (GOLDMAN, 2004).

O planejamento constitui, hoje, um dos principais fatores para o sucesso de qualquer empreendimento. No que diz respeito à Construção Civil, faz-se necessário um sistema que possa centralizar, canalizar informações e conhecimentos dos mais diversos setores e direcioná-los para a execução da construção. (GOLDMAN, 2004).

De acordo com Assumpção (1996), a competitividade das empresas do setor da Construção Civil depende de uma implantação eficiente de seus sistemas de planejamento, de programação e de controle da produção. A *Lean Construction* representa a filosofia de gestão da produção, que tem como foco a obra. Buscando o pensamento enxuto à construção, chamada de Construção Enxuta, Koskela (1992) lançou as bases para

esta nova filosofia, através de conceitos de energia e geração.

Figura 01 – Modelo de Processo da *Lean*



Fonte: Adaptado de Koskela (1992).

De acordo com Shingo (1996), o termo *Lean* surgiu para auxiliar as organizações a organizar e estruturar os sistemas produtivos, com flexibilidade de produção (SHINGO, 1996). O sistema tem o objetivo de eliminar perdas, reduzir custos, mantendo a máxima qualidade para seus consumidores, de modo que as estratégias competitivas sejam firmadas, possibilitando a competição no mercado, estabelecendo relações otimizadas e lucrativas com fornecedores.

Segundo Womack, Jones e Roos (1990), o objetivo da Produção Enxuta é reduzir os desperdícios em todas as etapas produtivas, por meio de ferramentas utilizadas para manter o local de trabalho limpo, organizado e seguro, onde os funcionários estejam conscientes das diretrizes e das normas, colocando os equipamentos, objetos e materiais nos locais devidamente designados para cada finalidade. Dennis (2008) acrescenta que a Produção Enxuta propõe uma maneira de gerar valor, diante da ótica do cliente, agregando e valorizando o produto e reduzindo o intervalo entre pedido e entrega.

A prática das empresas que passaram a adotar a *Lean* acrescentou moral, segurança e sustentabilidade aos seus princípios, o que levou à criação da sigla **PQCDSM**, que quer dizer:

P - *Productivity* (Produtividade);

Q - *Quality* (Qualidade);

C - *Cost* (Custo);

D - *Delivery* (Tempo de Entrega);

S - *Safety and Environment* (Segurança e Meio Ambiente);

M - *Morale* (Moral).

Assim, segundo Dennis (2008), “deve-se confirmar diariamente que nossas atividades estão avançadas em PQCDSM. Se não estiver, é pura “*muda*” (terminologia de origem japonesa que significa desperdício) isto é, toda atividade pela qual o cliente não está disposto a pagar.

Ao contrário das técnicas tradicionais de construção, a execução de obras de Construção Enxuta busca eliminar o desperdício, em todas as etapas do processo, com foco na eficiência do fluxo, melhoria contínua e respeito aos participantes do projeto. Uma abordagem de Construção Enxuta trabalha para maximizar esses valores, com vistas no benefício ao Setor (MCKINSEY, 2022).

Todavia, para se adotar efetivamente a *Lean Construction*, é preciso aplicar os princípios desta metodologia de trabalho, que são: eliminar os processos que não acrescentam melhorias e nem agregam valor à construção, reduzir a variabilidade e adotar a padronização e o *just in time*, tornar os processos transparentes e valorizar a percepção que o cliente tem de seu produto.

2.2. IMPACTO E OPORTUNIDADES NA AUTOMAÇÃO DOS CONTROLES.

A escassez de mão de obra, a falta de crédito imobiliário ou o aumento dos custos de insumos, são razões pelas quais a automação pode ter um efeito positivo, na indústria da construção. Embora a palavra “automação” possa evocar imagens de robôs assumindo empregos, a realidade é muito mais sutil, se ela for abordada de maneira ampla e correta (MCKINSEY, 2022).

Na construção, por exemplo, é menos provável que a automação diminua as oportunidades de emprego do que aumente a produtividade das equipes. De fato, a automação, juntamente com a necessidade global de infraestrutura nova e atualizada, e de moradias melhores e mais acessíveis, pode ajudar a moldar a direção do setor. A chave será antecipar e se preparar para a mudança, em parte desenvolvendo novas habilidades na força de trabalho atual e futura. (MCKINSEY, 2022).

Existem três oportunidades principais para a automação, na construção civil.

* A primeira é a automação das tarefas físicas que são consideradas tradicionais, como, por exemplo, robôs colocando tijolos e máquinas pavimentando estradas;

* A segunda oportunidade vem da automação da produção, com construções modulares, em casas, escritórios, fábricas, incluindo com a impressão 3D de componentes em fachadas;

* A terceira oportunidade centra-se na digitalização e na automação de procedimentos de design, planejamento e gerenciamento, bem como nas vastas eficiências que podem ser criadas no local. (MCKINSEY, 2022).

As tarefas mais fáceis de se automatizar são as atividades físicas repetitivas, feitas em ambientes previsíveis, mas o ambiente de construção, geralmente, é imprevisível, exceto quando são usadas técnicas de construção e planejamento. A imprevisibilidade é dupla: não apenas as peças se movem, mas cada local de construção e projeto é adaptado às demandas específicas do cliente, projetos arquitetônicos e requisitos geográficos e do local. (MCKINSEY, 2022).

Automatizar mais o processo de construção também pode ajudar a fornecer infraestrutura e edifícios mais rapidamente, sem a necessidade de se reduzir o número de funcionários. Além disso, há uma necessidade substancial de infraestrutura e habitação em partes da Ásia, África, Amazônia, do Nordeste, Centro Oeste e interior do Brasil. Isso significa que haverá demanda por obras e trabalhadores, por muito tempo (MCKINSEY, 2022).

2.3. SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO: SOFTWARES ENCONTRADOS NO MERCADO.

O gerenciamento de uma empresa feito por sistema informatizado permite que a comunicação entre os setores seja mais objetiva e a integração de informações aconteça de forma rápida e eficiente, além de reduzir as chances de erros.

Existem vários Sistemas de Gestão Integrada (SGI), mas merece destaque nesta investigação o *Enterprise Resource Planning* (ERP), que é usado para o gerenciamento de recursos na construção civil.

O ERP, que em português quer dizer Planejamento dos Recursos da Empresa, envolve

uma série de atividades gerenciadas por um *software* para o sistema de gestão empresarial. O principal objetivo é agilizar o fluxo de informações e atividades, de maneira integrada e organizada, a fim de otimizar a tomada de decisões, dentro de uma empresa. Dentre os principais benefícios relacionados ao uso do ERP, no âmbito da construção civil, estão: reduções de estoques, pessoal, tempo de tarefas e custos, aumento de produtividade, melhorias em processos de suprimentos e gestão de caixas (BELTRAME, 2007)

Nesse sentido, o ERP para a construção civil permite o acesso a todas as informações relacionadas aos projetos, desde o canteiro de obras até o departamento (BELTRAME, 2007). Suas funcionalidades permitem:

* Acompanhar a evolução do projeto por meio de indicadores, tais como o “Orçado versus Realizado” e o “Cronograma Físico Financeiro Em Tempo Real”;

* Aumentar o controle de custos com a gestão de estoque;

* Gerenciar a mão de obra;

* Acompanhar diferentes canteiros de obra, ao mesmo tempo.

Dentro dos *softwares* pesquisados, 03 deles se destacaram por apresentarem linguagem facilitada e os benefícios a saber, segundo Beltrame (2007) :

a) *Software Agilean*™

De acordo com o Portal B2B Stack (2022), esse *software* é responsável por avaliar e comparar diversos outros *softwares* disponíveis, de modo que auxiliem os profissionais na seleção dos *softwares* mais adequados para suas áreas. O *Agilean*, desenvolvido pela *Agilean Solutions*, é uma ferramenta automatizada de gerenciamento de fluxo de trabalho para pequenas e médias empresas de TI. É personalizável e fácil de usar, capaz de definir seu processo de fluxo. A ferramenta apresenta-se como integração do *Lean* e do *Agilean*, permitindo o planejamento, execução, monitoramento, controle, aprendizado ou melhoramento contínuo do projeto para uma variedade de *software* e outros projetos verticais.

b) *Plataforma SIENGE*™

Esse *software* de gestão foi criado pela Softplan, em 1990, que ofereceu outros *softwares* além deste, a saber: SOLAR (ERP para Gestão Pública), SAJ (Sistema de Automação da Justiça); SAFF (Gestão de Projetos com financiamento do BID e BIRD), SIDER (Solução para a área de transportes e obras de infraestrutura). Esse *software* permite ter o controle geral das obras em andamento, visto que oportuniza a troca de informações em tempo real, as tomadas de decisões com rapidez, a redução dos custos e o aumento da produtividade, por meio da padronização dos processos, do estabelecimento de rotinas, o que evita os retrabalhos e promove a redução dos custos na administração das construções e das empresas de construção civil. Isso é possível por meio dos cinco módulos que compõem o programa: gerencial, financeiro, suprimento, comercial e engenharia. (BELTRAME, 2007).

Convém ressaltar uma outra funcionalidade do SIENGE, que é apoiar a manutenção do Fluxo de Caixa Consolidado, expondo todas as previsões de contas a receber e a pagar, economizando tempo e dinheiro. BIRD, SIDER (Solução para a área de transportes e obras de infraestrutura).

Convém ressaltar uma outra funcionalidade do SIENGE, que é apoiar a manutenção do Fluxo de Caixa Consolidado, expondo todas as previsões de contas a receber e a pagar, economizando tempo e dinheiro, além de organizar o processo de compras de materiais e gerar relatórios.

Esta plataforma ainda oferece uma base tecnológica aberta a conexões gerenciais, tendo como fator relevante o fato de o SIENGE funcionar inteiramente na rede, o que significa que é possível acessá-lo de qualquer dispositivo conectado à internet.

c) *Software PREVISION*

Essa tecnologia se propõe a organizar os processos da obra, permitindo uma maior previsibilidade sobre os eventos futuros, desde o planejamento da obra até suas medições e acompanhamento, seguindo as regras e a metodologia de Construção Enxuta.

O *Software PREVISION* facilita a elaboração do planejamento, permitindo aos usuários o acesso ao histórico das obras anteriores, para desenvolver um novo planejamento, além de permitir o replanejamento, em poucas horas, caso

o engenheiro necessite. Após a construção do planejamento, é possível estruturar estrategicamente cada etapa do cronograma de obras.

Por meio da técnica da Linha de Balanço, o gestor de obra consegue visualizar, de forma clara, os impactos das atividades, em cada fase. Com essa técnica, o avanço da obra é atualizado automaticamente, no cronograma da obra, e o engenheiro tem acesso a essa informação consultando a *dashboard* da plataforma

A cada entrega de serviços, esses dados podem ser atualizados e enviados para a plataforma em tempo real e, conseqüentemente, ocorre a atualização das informações do cronograma. Por fim, é possível importar o cronograma feito em Gantt e transformá-lo em Linha de Balanço, garantindo ao gestor de obra a visualização simplificada dos fluxos e ritmos da obra. Essas informações oportunizam prever o que será realizado, quando e onde, também sustenta a uniformidade na entrega dos serviços, diminui a ociosidade, amplia a produtividade, otimiza o uso dos recursos e diminui o tempo de duração do projeto, com alocação dos recursos.

O mais consistente dos três *softwares* é o PREVISION, que foi destacado, por apresentar o planejamento e controle de obras com mais precisão, uma vez que, além de apresentar os benefícios de outros *softwares* que se adequam a metodologia da Construção Enxuta, ainda prevê os impactos das atividades em cada fase, faz atualização automática do calendário, além de permitir uma maior previsibilidade de eventos futuros, seguir as regras e metodologia da Construção Enxuta e de consultar o histórico de obras anteriores, sempre que for necessário.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada foi a pesquisa bibliográfica descritiva, desenvolvida a partir dos estudos de Villa *et. al* (2014), Costa; Quelbert e Quelbert (2015); Schmitz (2018) e o de Medeiros (2022), além dos pesquisadores usados no alicerce da fundamentação teórica. A escolha desses estudos deve-se ao fato de analisarem elementos essenciais dentro da Construção Civil: a comunicação interna e a organização do canteiro de obras.

Estas investigações tiveram como objetos de estudos empresas do ramo da Construção Civil. Nas pesquisas são relatadas as experiências com a implantação do *Lean Construction* e os resultados concretos alcançados, especialmente nos aspectos ligados à comunicação interna e a organização do canteiro, e de que forma ocorreu a redução dos custos e a eliminação de desperdícios, que são princípios do *Lean Construction*. O Quadro 1 mostra a relação dos autores e títulos de suas obras relacionadas com o tema.

Assim, utilizou-se como evidência o *cheque-list* de Pozzobon et.al (1999) que apresenta 240 itens, divididos em 6 grupos:

1. Apoio e dignificação da mão-de-obra;
2. Organização do canteiro;
3. Movimentação de materiais e deslocamentos internos;
4. Ferramentas, máquinas e técnicas especiais;
5. Segurança do trabalho;
6. Comunicações internas.

Dentre todos, dois desses itens foram considerados alinhados com os princípios do *Lean Construction*, que são a “Organização do Canteiro” e o das “Comunicações Internas” das empresas. Ambos se referem aos mecanismos de produção e controle de obras, que são a referência básica da Construção Enxuta.

Quadro 1 – Relação dos autores e títulos de trabalhos realizados sobre o tema.

AUTORES	TÍTULO DA PRODUÇÃO	ANO
ARAÚJO; A.R de.; MARTINS, R.N.	Levantamento de melhorias em canteiros de obras de edificações Goiânia.	2010
VILLA. A. A. O; SILVA. I. G. de O; SILVA. P. P; SANTOS. W. B. dos, DINIZ. H. H. L,	Utilização da <i>Lean Construction</i> e das ferramentas da qualidade na construção de casas populares.	2014
COSTA. J. L; QUELBERT. T. F.; QUELBERT M. CANDIDO J.	Investigação dos princípios <i>Lean Construction</i> em obras de habitação popular no município de Campo Mourão (Paraná): Um estudo teórico-empírico,	2015
SCHMITZ, L. R.	Implementação da filosofia <i>Lean Construction</i> : um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte na cidade de Joinville	2018

Fonte: Acervo próprio (2022)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas bases pesquisadas de dados, foram selecionados trabalhos que envolviam empresas atuantes no setor da construção civil e que demonstravam a relevância da filosofia da Construção Enxuta. Dessa forma, elas superaram problemas e desafios, tanto nos canteiros de obras como na comunicação interna da empresa, cujos sistemas de produção baseavam-se no *Lean Construction*.

Dentre os trabalhos pesquisados, foram escolhidas quatro produções acadêmicas, descritas a seguir.

- O primeiro, desenvolvida por Araújo e Martins -se em uma revisão bibliográfica que conseguiu identificar um *check-list* de inovações tecnológicas, nos canteiros de obras de seis construtoras, na cidade de Goiânia. Os resultados mostraram que os itens de *Organização dos canteiros de obras* e *Comunicação interna* foram os destaques nas discussões levantadas, revelando que os problemas detectados eram consequências de falhas, nesses dois itens.

Todavia, a pesquisa revelou que os índices de implantação do *Lean Construction* visando a obter melhorias, por meio de modificações e inovações tecnológicas, cresceram, ao longo dos anos, mas ainda continuavam baixos. Isso demonstrava a falta de conhecimentos para se resolver os problemas ou preveni-los. Não bastava reduzir os desperdícios nos canteiros de obras, aumentar a produtividade e garantir a qualidade nas entregas dos serviços, era necessário adotar um gerenciamento por sistema informatizado. A solução dos problemas detectados poderia vir com a adoção de um ERP, que permitiria uma comunicação objetiva entre os setores da empresa, a integração de informações de forma rápida e eficiente, além da redução das chances de erros comuns de gestão.

- Na segunda pesquisa, a empresa objeto do estudo foi fundada em 2011 e segundo as anotações de VILLA. A. A. O, SILVA. I. G. de O, SILVA. P. P, SANTOS. W. B. dos, DINIZ. H. H. L. (2014), tratava-se de uma construtora de pequeno porte, com filiais localizadas nos estados de Pernambuco e Alagoas. Era especializada em projetar, executar e fiscalizar obras de habitação de interesse social. À época da pesquisa, a empresa desenvolvia projetos de

consultoria e construção de casas populares, em diversos municípios daqueles estados. Assim, a obra objeto de estudo dos autores foi um empreendimento com 43 unidades habitacionais (U.H), com 41 m² de área construída cada uma.

Os desperdícios principais estavam relacionados ao uso do cimento, ao uso de tijolo e na mão de obra. Isso porque não existia um padrão para a utilização da argamassa. Também, os layouts dos canteiros eram mal elaborados, havia pouco treinamento para a utilização de ferramentas, faltava uma análise a respeito do posicionamento adequado do almoxarifado, além das deficiências encontradas na comunicação interna, entre gestores e colaboradores.

Como solução para os problemas enfrentados, essa empresa adotou os seguintes procedimentos:

- * Melhorias na comunicação interna e no suporte utilizado;
- * Redução da parcela de atividades que não agregavam valor ao produto;
- * Aumento do valor do produto, considerando as necessidades dos clientes;
- * Redução da variabilidade dos produtos, por meio da padronização;
- * Redução do tempo de ciclo dos empreendimentos;
- * Simplificação dos serviços, por meio da redução do número de partes ou passos.

Os itens Comunicação Interna e Organização do Canteiro de Obra receberam destaque nas discussões, quando se concluiu que a limpeza do canteiro e a disposição das áreas, a programação dos processos, o tipo de comunicação interna (seja visual, por meio de textos, cores, gráficos ou sonora) eram essenciais para que os colaboradores tivessem uma visão homogênea das práticas adotadas, o que reduzia as chances de erros e retrabalhos, evitando-se os desperdícios.

Após trinta dias de implantação da Construção Enxuta nessa empresa, observou-se uma redução significativa do número de desperdícios, visto que os custos relacionados às perdas, antes da implantação do *Lean Construction*, eram de R\$ 29.753,09, e foram reduzidos para R\$ 8.523,55, totalizando uma redução de 71,3% das perdas, como um todo.

•O terceiro trabalho foi feito pelos autores COSTA. J. L, QUELBER; T. T. F, QUELBERT M, CANDIDO J. (2015), que realizaram uma comparação entre duas empresas A e B, com o objetivo de verificar a aplicação prática que fizeram do *Lean Construction*. Os autores entrevistaram alguns gestores de ambas as empresas e como resultado, concluíram que a empresa A atuava no mercado da Construção Civil, há quase 40 anos, e sua sede localizava-se no município de Curitiba-PR, enquanto a Empresa B atuava no mercado da Construção Civil, desde 1981, e sua sede era na cidade de Maringá-PR.

Até o ano de 2014, a empresa A havia construído 6.457 unidades habitacionais pelo “Programa Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV), do Governo Federal e, segundo os Engenheiros de Obras e o gerente de Planejamento e Contratos, a empresa trabalhava, sistematicamente, com os princípios da *Lean Construction*, de acordo com os ensinamentos de Koskela (1992).

A empresa B por sua vez, em 2014, possuía obras em andamento nas cidades de Campo Mourão, Maringá e São José dos Pinhais, todas no Estado do Paraná, onde atuava no Setor de Habitação Popular, com financiamento pelo PMCMV.

Tal como na empresa A, as entrevistas na empresa B foram realizadas, também, com os Engenheiros de Obras e Gerente de Planejamento e Contratos.

Após analisados os dados coletados durante as visitas e entrevistas, os pesquisadores concluíram que: o uso do *Lean Construction* é viável na construção de casas populares, visto que, nesse tipo de construção, existe a possibilidade de aplicar uma das ferramentas do *Lean Construction* – a Padronização -, uma vez que a construção de casa populares exigem a padronização da fôrma, metragem quadrada, mesmos materiais, ou seja, nessa situação a utilização da Construção Enxuta traz benefícios como: redução do desperdício, o aumento da produtividade, tornando os processos mais claros e aumentando a participação dos colaboradores, na identificação e correção de eventuais erros.

Contudo, a implementação do *Lean Construction*, em ambas as empresas, ocorreu de forma precária, ou seja, conheciam teoricamente a filosofia do *Lean Construction*, mas a rotatividade de funcionários dificultava a

realização de treinamentos, fato que impossibilitava a aplicação dessa ferramenta de forma eficiente e compromete a Comunicação Interna entre os colaboradores. A pesquisa também identificou que os desafios mais comuns decorrem da organização e layout da obra, além do apoio à mão de obra. A Comunicação Interna apresentou um baixo desempenho em ambas as empresas, fato que evidencia a necessidade de melhoria nas condutas adotadas a fim de tornar transparente as atividades das obras.

Outra conclusão relevante é que os entrevistados alegavam que não existiam pesquisas que mostravam a aplicação na prática do *Lean Construction*, principalmente a sua utilização nos canteiros de obras, mais especificamente os itens: Comunicação Interna e organização dos Canteiros de Obras. Para os autores da pesquisa, as Empresas A e B poderiam implantar Kanban, Andon, Arranjo Físico e Kaizen, que são ferramentas que não exigem um alto custo para serem implantadas e que podem gerar resultados positivos em ambas as empresas.

- A quarta produção acadêmica, desenvolvida por SCHMITZ (2018), tem como objeto uma empresa que não havia implantado o *Lean Construction* em seus processos de produção. A empresa tem sede em Joinville e está no mercado desde 2004. Suas obras são direcionadas aos segmentos da infraestrutura civil, comercial e industrial, além de atuar em reformas como um todo. Enquadra-se como uma empresa de pequeno porte por possuir cerca de 20 funcionários entre técnicos, administrativos e operacionais.

Durante a pesquisa, foram identificados os seguintes problemas: falta de foco no cliente, falta de supervisão do setor de obras, decorrente de falhas na comunicação interna, desequilíbrio do cronograma financeiro da obra, não havia uma organização do layout do canteiro de obras, a alta rotatividade de funcionários, a falta de experiência da equipe executiva, falta da divisão dos ciclos de produção.

É importante pontuar que a maior parte da construção foi industrializada, especialmente na substituição de alvenaria, chapisco e reboco por Drywall, que possibilitou a redução do sistema de construção de três para uma etapa, assim como a utilização de toda a estrutura da edificação em concreto pré-moldado, etapas baseadas nos

conceitos da Construção Enxuta. Apesar disso, não foi evitado que ocorressem os desperdícios nas fases de instalação da estrutura do telhado e, posteriormente, na instalação das calhas, pintura interna e externa. Ademais, a baixa qualidade dos materiais utilizados resultou em desperdícios e problemas de manutenção após entrega da obra, dentre outros.

Os quatro estudos apresentam características semelhantes entre si, visto que envolveram empresas do ramo da construção civil, que atuam mais especificamente em programas sociais, embora atuem em outros empreendimentos. Todos os autores, em suas investigações, apontam o *Lean Construction* como um meio para a redução dos desperdícios, para aumento dos lucros, redução da parcela de atividades que não agregam valor; aumento do valor do produto, considerando as necessidades dos clientes; redução da variabilidade; redução do tempo de ciclo; simplificação dos serviços, por meio da redução do número de partes ou passos e, em todos, os itens Organização do Canteiro e Comunicação Interna respondem por parte dos problemas e prejuízos nos empreendimentos. Nesse contexto, é essencial a aquisição de um *software* que além de seguir as regras e metodologias da Construção Enxuta, ainda permite um maior controle dos eventos, diminuindo os impactos em cada fase da obra e o acesso a históricos de obras anteriores, a fim de evitar erros e riscos.

Todavia, observa-se que, nas três últimas pesquisas, os desafios seriam superados, se fosse implantado um sistema integrado que promovesse um maior controle de todas as etapas do processo, que atendesse às regras e metodologias da Construção Enxuta, além de permitir uma maior previsibilidade dos eventos futuros. É perceptível nas empresas objetos das pesquisas que a falta de um *software* de gestão, como o PREVISION, de um bom planejamento de obras aliado à falta de informações e de formação específica em gestão são os pontos centrais que desencadeiam todos os problemas apresentados: materiais, financeiros e humanos.

É válido salientar que os *softwares* foram inseridos, no contexto da Construção Civil, com a finalidade de simular metodologias de gerenciamento e de organizar as informações da obra. Assim, esse setor tem se beneficiado dos avanços tecnológicos na computação e na

produção de *softwares*. Os programas computacionais permitem controlar de modo preciso os processos produtivos tanto nos canteiros de obras como nas fábricas; gerando soluções para os problemas de gerenciamento e planejamento de atividades e de recursos, apoiando as equipes nas tomadas de decisão.

O caráter dinâmico de um canteiro de obra exige que decisões sejam tomadas em minutos e que alterações sejam feitas com frequências. Essa dinâmica exige atualização do planejamento e dos parâmetros utilizados inicialmente, com o objetivo de adequar o planejamento feito à realidade apresentada no canteiro de obras (GEHBAUER, 2002). Dessa forma, a adoção do *Software PREVISION* facilita a elaboração do planejamento, permitindo aos usuários o acesso ao histórico de suas obras anteriores para desenvolver um novo planejamento, além de permitir o replanejamento em poucas horas. Após a construção do planejamento, é possível estruturar estrategicamente cada etapa do cronograma de obras, ou seja, fazer sua atualização.

Dentro desse dinamismo, entra a relevância dos *softwares* computacionais, uma vez que estes processam, em alta velocidade, os dados inseridos e realizam a entrega imediata de informações (GEHBAUER, 2002)

Harris e McCaffer (1989) organizaram uma lista com os benefícios que os *softwares* provocam na gestão de obras: planejamento através de planilhas e organização de atividades, monitoramento de recursos e de atividades, além de permitir a atualização do plano com o tempo; elaboração de um plano de recursos aberto, que possibilite adicionar outros recursos durante o processo; a possibilidade e previsibilidade de analisar cenários futuros diferentes, facilitando a tomada de decisão e elaboração de fluxos de caixa, permitindo a realização de estimativas e previsões de gastos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os setores da economia enfrentam diversos problemas para se manterem no mercado. No setor da construção civil, são os grandes os obstáculos enfrentados, tais como: falta de planejamento e controle da produção, baixa produtividade, mão de obra desqualificada,

desperdícios de largas proporções e a falta de qualidade do produto final.

Como solução para a indústria da Construção civil surge a metodologia *Lean Construction*, que objetiva a qualificação da indústria da construção civil, introduzindo no setor um novo ponto de vista sobre os conceitos produtivos atuais, visto que o mercado exige que as empresas exerçam maior controle sobre os seus gastos, bem como controle sobre o cumprimento de prazos, que elimine desperdícios de mão de obra ou de materiais, ocorrido por consequência de retrabalhos.

O planejamento de um canteiro de obras objetiva organizar e melhorar a utilização do espaço físico, possibilitando aos operários e o maquinário a execução de um trabalho com segurança e eficiência, de modo que sejam minimizadas as distâncias de transporte de materiais e o tempo de movimentação do pessoal. Ademais, um canteiro organizado, limpo e desobstruído produz uma visão positiva perante clientes e funcionários.

Assim, na busca por respostas que explique de que forma é possível aplicar os princípios da *Lean Construction* automaticamente, através de ferramentas computacionais, que agilizam o planejamento e o controle de execução da obra, foi desenvolvida essa pesquisa descritiva, que apresentou os pressupostos teóricos do *Lean Construction* e dos *softwares* que sustentou a análise dos trabalhos selecionados.

Conclui-se que o uso do *Lean Construction* é viável, pois proporciona a redução de desperdícios, que representa uma das principais metas das empresas que atuam no ramo da Construção Civil. Nos trabalhos selecionados nas bases de dados, foram observados que, nas pesquisas desenvolvidas em 2014 e 2015, os gestores tinham em mente a meta apresentada, queriam construir o maior número de casas sem ter desperdícios de mão de obra e de materiais, e sem gastar com retrabalhos. Para resolver os problemas identificados, implementaram o *Lean Construction*, em suas obras, apesar de não ocorrer de uma forma totalmente estruturada.

Todavia, os gestores participantes conheciam teoricamente a filosofia da Construção Enxuta, sabiam que esta poderia mitigar seus desperdícios.

Nas pesquisas objetos dessa análise, verificou-se a ocorrência de problemas decorrentes da falta de planejamento e da falta do controle de produção, da falta de organização do canteiro de obra, falhas na comunicação interna, que geram desordens na empresa, tanto interna como externas à obra. Além disso, problemas de ordem econômica, somados aos anteriores, indicam a necessidade de implementar de forma eficiente a filosofia do pensamento enxuto a partir da implantação de um *software*. Essa associação viabiliza o alcance da eficiência na prática da melhoria contínua dos processos de gerenciamento da construção civil por meio do uso combinado das tecnologias e sistemas integrados de gestão de projetos com o conhecimento das metodologias clássicas de gerenciamento, algo que já vem sendo executado, há algum tempo, no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO E MARTINS** (2010), Levantamento de melhorias em canteiros de obras de edificações goianas. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, GOIÁS, 2010.
- ASSUMPÇÃO, J. F. P.** Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios. 1996. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia industrial) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRASILEIRO, A. M. M.** (2013). Manual de produção de textos acadêmicos e científicos. São Paulo: Atlas. 47 páginas.
- BELTRAME, E. de S.** Avaliação do software SIENGE no orçamento e planejamento de uma obra. 2007. 86 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, FLORIANÓPOLIS, 2007.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC).** Estabelecimentos na Construção. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/indicadores-economicos-gerais/informacoes-economicas>>. Acesso em: 11/07/2022.
- COSTA, J. L., QUELBERT, T. F., QUELBERT M., CANDIDO J.** Investigação dos princípios Lean Construction em obras de habitação popular no município de Campo Mourão (Paraná): Um estudo teórico-empírico, XXXV encontro nacional de engenharia de produção, Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.
- DENNIS, P.** Produção Lean Simplificada. Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008, cap2, p. 31.
- GEHBAUER, F.** Planejamento e gestão de obras. Um resultado prático da cooperação técnica Brasil – Alemanha. 2ª edição. Curitiba: CEFET – PR. 2002.
- GOLDMAN, P.** Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira. 4ª Edição. São Paulo: Editora PINI, 2004. 234 p.
- HEINECK, L. F. M.; PAULINO, A. A. D.; ANDRADE, V. A.** Modificações nas instalações de canteiros de obras e o aumento da produtividade na indústria da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, X, 1990. Anais. 6p
- LIKER, J.; MEIER, D.;** *The Toyota Way Fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. 1 ed. USA: McGraw-Hill, 2006. p 288. Disponível em: <https://www.wook.pt/livro/toyota-fieldbook-david-meier/257097>. Acesso em: 01 out. 2022.
- MATTOS, A. D.** Planejamento e controle de obras. São Paulo: Editora PINI, 2010.
- MCKINSEY, 2022.** *Oportunities of automation in construction*. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-impact-and-opportunities-of-automation-in-construction>. Acesso em: 25 de maio de 2022.
- KOSKELA, L.** *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford, CA: EUA, Center for Integrated Facility Engineering - CIFE, Stanford University 1992.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.** Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. edição. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.
- OLIVEIRA, P. V. H. et al.** Análise da Aplicação de *Check-List* sobre Inovações Tecnológicas em Canteiros de Obra. In: Encontro Nacional de Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15, 2014, Maceió. Anais...Maceió: 2014.
- POLITO, G.** Boas práticas de gestão em empreendimentos da construção civil. In: Seminário de Gerenciamento de Obras com Foco na Produtividade e Qualidade. 2016, São Paulo. Resumos... São Paulo: Editora PINI, 2016. p. 15-24.
- SCHMITZ** (2018), Implementação da filosofia Lean Construction: um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte na cidade de Joinville. Trabalho de conclusão de curso (Curso de

Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Santa Catarina, FLORIANÓPOLIS, 2018.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de Produção. Porto Alegre, Bookman, 1996.

VILLA. A. A. O, SILVA. I. G. de O, SILVA. P. P, SANTOS. W. B. dos, DINIZ. H. H. L, Utilização da lean construction e das ferramentas da qualidade na construção de casas populares. REVISTA DE TRABALHOS ACADÊMICOS UNIVERSO RECIFE, (2014).

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A máquina que mudou o mundo. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Título original: *The machine that changed the world.*



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante CHRISTOPHER MARLON EHRHARDT CHAVES
do Curso de ENGENHARIA CIVIL, matrícula 2018.2.0025.0113-9
telefone 62 e-mail _____, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
LEAN CONSTRUCTION - APLICAÇÃO AUTOMATIZADA POR FERRAMENTAS COMPU-
TACIONAL, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 08 de Dezembro de 2022.

Assinatura do(s) autor(es): _____

Christopher
Ehrhardt

Nome completo do autor: Christopher Marlon Ehrhardt Chaves

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: Paulo José Marcondes Rosa