

LEAN CONSTRUCTION: UMA ANALISE COMPARATIVA ENTRE CUSTO DE OBRAS

LEAN CONSTRUCTION: A COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN COST OF WORKS

Alef Moreira de Souza¹

Joao Victor Camilo²

RESUMO:

Em resposta às demandas da construção civil, emerge o modelo de gestão da metodologia *Lean Construction*. Este modelo tem como base a utilização de ferramentas destinadas a gerar valor agregado ao produto, sem acarretar aumentos significativos nos custos, prazos ou perdas de qualidade. Um dos principais objetivos dessa abordagem é eliminar, ou ao menos reduzir, desperdícios, seja em termos de tempos de espera, logística ou custos. Por meio de um planejamento meticuloso, a metodologia *Lean* busca otimizar as operações de construção.

O propósito deste trabalho é explorar a história da construção enxuta, abordar a implementação do sistema, apresentar as ferramentas e os princípios *Lean*, além de realizar um diagnóstico de viabilidade das práticas *Lean* por meio de um estudo de caso. Para isso, foram selecionadas duas obras de uma mesma empresa, ambas localizadas em Cariacica, no Espírito Santo, sendo uma utilizando ferramentas *Lean*, e não outra não. O estudo foi conduzido por meio de vistorias nos empreendimentos e coleta de dados, revelando a viabilidade da aplicação da metodologia *Lean* nas obras analisadas.

Palavras-chave: Construção; Enxuta; Planejamento.

ABSTRACT:

In response to the demands of civil construction, the management model of the Lean Construction methodology emerges. This model is based on the use of tools designed to generate added value to the product, without causing significant increases in costs, deadlines or quality losses. One of the main goals of this approach is to eliminate, or at least reduce, waste, whether in terms of waiting times, logistics, or costs. Through meticulous planning, the Lean methodology seeks to optimize construction operations. The purpose of this paper is to explore the history of lean construction, address the implementation of the system, present the Lean tools and principles, and perform a feasibility diagnosis of Lean practices through a case study. For this, two works from the same company were selected, both located in Cariacica, Espírito Santo. The study was conducted through inspections in the projects and data collection, revealing the feasibility of applying the Lean methodology in the analyzed works.

Keywords: Construction; Lean; Planning.

¹ Centro Universitário Salesiano – UniSales

1. INTRODUÇÃO

A construção é uma indústria essencial para o desenvolvimento de qualquer país, e tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos. Ela proporciona condições básicas de saúde, conforto e comodidade, que são necessários em cada habitação. Com o aumento da competitividade, a globalização do mercado, a demanda por bens cada vez mais modernos e sofisticados, o aumento na exigência do cliente sobre o produto final e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros, para sua realização, houve uma necessidade maior em se investir na melhor gestão e controle dos processos. No entanto, a construção continua a padecer de problemas repetitivos, dentre eles o da baixa produtividade, mão-de-obra não especializada, falta de condições de segurança, inúmeros problemas de interligação de projetos, muitas vezes a impossibilidade de aplicação de conceitos teóricos em obra e a falta de planejamento, que pode acarretar atrasos e escalada de custos, assim como colocar em risco o sucesso do empreendimento.

Estes problemas implicam principalmente na impossibilidade de criar padrões para a execução das várias atividades, o que faz com que não se tenha um controle exato sobre a produção e assim, reduza consideravelmente a margem de lucro e aumente o prazo de execução de obras. Tendo isso em mente, foi idealizado o *Lean Construction* (Construção Enxuta), que é incorporado pelo pensamento enxuto "*lean thinking*", desenvolvido pela Indústria Toyota na década de 1940, onde o principal objetivo é aumentar a eficiência e a produtividade por meio de métodos que visam a redução de desperdícios, tempos de espera, gargalos e superprodução. As principais metodologias utilizadas foram TQM (Total Quality Management), que consiste na busca da satisfação do cliente e na melhoria contínua, e o JIT (Just In Time), que consiste num sistema de controle de produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa (ALVES, 2017).

O problema dessa pesquisa é saber qual o custo de uma obra que usa a metodologia *lean* e uma obra que usa o modelo convencional. Tendo como hipótese que a adoção dos princípios do *lean construction* pode levar a uma redução significativa nos custos de obras em comparação com a abordagem tradicional de gerenciamento de projetos de construção.

Com a justificativa que a indústria da construção civil no Brasil não acompanhou o progresso experimentado pelas indústrias de bens de consumo durante o século XX e o início do século XXI. Ela ainda se caracteriza pela informalidade dos processos e dos padrões de construção, fragilidade na qualificação da mão de obra, escassez de profissionais capacitados para executar suas funções, obstáculos na modernização de práticas antigas e métodos obsoletos. Por conseguinte, enfrenta diversos desafios relacionados aos custos e à eficiência dos projetos. A ausência de controle de desperdícios, a falta de planejamento adequado, os retrabalhos e a produtividade reduzida são questões recorrentes nesse setor. (OLIVEIRA, 2019). Através da aplicação dos princípios do *Lean Construction*, é possível identificar e eliminar esses desperdícios, melhorando a eficiência e reduzindo os custos das obras (KOSERLA, 1992).

A análise comparativa dos custos de obras sob a perspectiva do *Lean Construction* contribuirá para a compreensão dos benefícios e impactos dessa abordagem na

gestão de projetos de construção civil. Além disso, o estudo poderá fornecer subsídios para a adoção de práticas mais eficientes no setor, resultando em obras de maior qualidade, dentro do prazo e orçamento estabelecidos.

A partir das informações apresentadas, tornou-se como objetivo geral da pesquisa a realização de uma análise comparativa entre os custos de uma obra que aplicam os princípios do *Lean Construction* em relação à uma obra que não utilizam essa abordagem, apresentando a viabilidade da aplicação desta metodologia *Lean* no ramo da construção civil.

Dentre os objetivos específicos estão as necessidades de analisar os desperdícios existentes nas obras, observando as ferramentas auxiliaadoras e os princípios *Lean*, além de coletar dados existentes em obras que aplicam este sistema, com obras que não o aplicam, desta forma comparar as principais diferenças observadas entre ambas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 METODOLOGIA LEAN

De acordo com Pichii (2003), a metodologia e *lean*, derivada do sistema Toyota de produção, alcança reconhecimento nos anos 90 por meio das publicações de Womack e Daniel T. Jones. A filosofia gradualmente se desenvolveu e resultou no surgimento da *lean manufacturing*, *lean office*, *lean thinking* e também a *lean construction*. O *lean thinking*, também conhecido como mentalidade enxuta, emergiu em um período em que a produção automobilística era predominantemente em massa. Womack coloca em questão esse padrão:

O pensamento enxuto é uma filosofia de gestão que promove formas de determinar valor para o cliente, aprimora a sequência de fluxos de processos, torna a performance mais eficiente e busca eliminar desperdícios da produção (PICHII, 2003). A mentalidade enxuta foi desenvolvida ao longo de 20 anos pela indústria automobilística japonesa, com uma grande contribuição de Ohno. Este define o sistema como a eliminação completa de desperdícios, baseada em duas vertentes principais: Just in time e automação.

Em sua concepção original o *lean production*, a primeira vertente, o JIT (Just in Time), tem o objetivo principal de produzir o produto preciso, no momento adequado e de acordo com a demanda, sem a necessidade de criar estoques. Seu propósito é garantir o fluxo contínuo de materiais, serviços e produtos ao longo de toda a cadeia de interdependência e compromisso, envolvendo fornecedores, empresas e clientes (VENTURI, 2015).

Por outro lado, a segunda vertente, a automação autônoma, também conhecida como Jidoka, combina automação com intervenção humana. Ela visa aumentar a produtividade através da separação dos tempos de atividade da máquina e do operador. Segundo (PICHII, 2003), esse sistema também permite mecanismos como a parada automática da máquina, evitando que erros sejam produzidos em série.

Os dois pilares apresentados caminham em conjunto com a finalidade de atender e criar mais valor ao cliente, produzindo produtos com mais qualidade, custos menores, aliado à redução do lead time² através da eliminação de desperdícios.

2.2 PRINCIPIOS DO LEAN

O trabalho de Koskela, “Application of the new production philosophy in the construction”, de 1992 e ligado à Universidade de Stanford, marca o início do estudo da inserção do *lean* na construção civil e também a criação do International Group for *Lean* Construction – IGLC, cujo objetivo é a disseminação do novo paradigma na construção em diversos países.

Neste estudo, Koskela (1992) estabelece uma nova fundamentação conceitual para a implementação da filosofia na construção, por meio de 11 princípios que podem ser empregados na concepção, controle e aprimoramento dos fluxos de processo. Estes são:

Redução de parcelas que não agregam valor: a eliminação do desperdício é o princípio fundamental do pensamento *lean*. O processo pode ser otimizado não apenas pelo aumento da eficiência das atividades de conversão e fluxo, mas também pela eliminação de atividades de fluxo que não agregam valor ao produto final. É importante ressaltar que mesmo algumas dessas atividades que não agregam valor direto ao cliente podem ser indispensáveis para a eficiência global do processo, como a instalação de dispositivos de higiene e segurança no canteiro.

Aumentar o valor do produto por meio da consideração da necessidade do cliente: deve-se identificar a necessidade do cliente de forma clara, de modo que essa informação faça parte do escopo do projeto e também na gestão da produção. Reduzir variabilidade: a variabilidade avalia a dispersão de algo em relação a um padrão, podendo ter diversas formas, como dimensões, tempo, qualidade do produto, por exemplo. A variabilidade só pode ser quantificada e compreendida por meio da padronização dos processos e do produto. Reduzir tempo de ciclo: o tempo de ciclo, também conhecido como lead time, é a soma do tempo gasto em todas as etapas de produção. Conforme mencionado por Arantes (2008), a diminuição do tempo de ciclo pode trazer vantagens, como simplificar o processo de gestão, entrega mais rápida do produto ao cliente, aumento do efeito de aprendizado e maior precisão na estimativa de futuras obras.

Simplificar mediante a redução do número de passos ou partes: esse princípio está intimamente ligado ao primeiro ponto mencionado, que é a eliminação de etapas que não agregam valor ao produto. A redução do número de etapas, além de simplificar qualquer processo, pode resultar na diminuição de desperdícios, como excesso de transporte. Aumentar a flexibilidade da saída: permite a alteração do produto final sem uma alteração substancial no custo final. A flexibilização pode-se tornar complementar a simplificação de passos. Aumentar a transparência do processo: conforme afirmado por Koskela (1992), é viável reduzir a probabilidade de ocorrência de erros na produção ao proporcionar maior visibilidade aos processos produtivos. A visibilidade do processo facilita a identificação de falhas e erros. A visibilidade pode ser implementada de várias formas, inclusive por meio da utilização de dispositivos visuais ou remoção de obstruções visuais.

Focar o controle no processo global: o gerenciamento de todo o processo permite identificar e corrigir desvios potenciais que possam impactar significativamente o prazo de entrega da obra (ARANTES, 2008). A aplicação de um controle convencional, que se concentra apenas em etapas ou partes isoladas do processo, pode resultar em perdas, uma vez que não leva em consideração a visão completa do processo (KOSKELA, 1992).

Introduzir melhoria contínua no processo: ligado ao princípio de kaizen, a melhoria contínua permite a redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos por meio de melhorias incrementais, sendo conduzido de maneira contínua. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões: na melhoria das atividades produtivas, é importante abordar os aspectos de fluxo e conversão. Em qualquer processo de produção, os aspectos de fluxo e conversão apresentam potenciais de melhoria diferentes. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto da melhoria na transformação. Por outro lado, quando há uma maior geração de resíduos durante a produção, a melhoria do fluxo se torna mais relevante em comparação com a melhoria na transformação.

Fazer benchmarking: é o processo de aprendizado a partir das práticas adotadas por outras empresas que são consideradas líderes em um determinado segmento. O benchmarking pode ajudar na melhoria contínua do processo ao identificar pontos fortes, ou seja, o que funciona bem nas empresas de referência do setor.

2.3 LEAN CONSTRUCTION

A indústria da construção civil é uma das mais antigas do mundo. Muitos dos procedimentos ainda presentes na construção estão enraizados na cultura, datando de um período anterior à análise científica. A partir dos anos 50, começaram a ser realizados estudos com o objetivo de compreender de maneira aprofundada os problemas decorrentes do processo produtivo dessa indústria, visando desenvolver processos mais eficientes (KOSKELA, 1992). O *Lean Construction*, uma adaptação da *Lean Production* à indústria da construção civil surge a partir de estudos do finlandês Lauri Koskela, em 1992, o qual trouxe os princípios do total quality management e do just in time, para a realidade da construção civil (SEBRAE, 2016).

Conforme afirmado por Formoso (2002), a diferença fundamental entre a abordagem convencional de produção e a construção enxuta é de natureza conceitual. Uma mudança significativa para a quebra de paradigma reside na adoção de uma nova forma de compreender os processos, superando a visão de que a construção é apenas o resultado da transformação de materiais e substâncias em um produto final.

Ballard (2002), também trouxe de forma simplificada, o que seria a definição da inserção da metodologia *lean* na construção civil. A *Lean Construction* é uma nova metodologia para gerenciar construtoras, em um formato diferente do tradicional, que pode ser inserido nos setores da arquitetura, engenharia e construção e que desde sua criação estabeleceu uma revolução no modo em que é produzido. Esta filosofia pode ser considerada uma extensão da *Lean Production*, tendo em vista que da mesma forma busca maximizar o valor e eliminar o desperdício (BALLARD, et al., p. 218, 2002).

2.4 OS 7 DESPERDÍCIOS

De acordo com Arantes (2008), na construção civil, os desperdícios são variados e podem surgir em qualquer fase do processo produtivo. No entanto, eles devem ser evitados ao máximo, pois causam prejuízo.

Com isso de acordo com Ohno (1997) o STP (Sistema Toyota de produção) é um método focado em acabar com o desperdício e aumentar a produtividade. Desperdício na produção se refere a tudo que aumentam os custos sem agregar valor. De acordo com o mesmo autor, pode-se identificar os desperdícios como:

Desperdício de superprodução: está associado à produção em excesso ou antecipada, resultando na fabricação de quantidades além da demanda do produto (OHNO, 1997).

Desperdício de tempo disponível (espera): desperdício relacionado à baixa eficiência de máquinas ou mão de obra, resultando em um tempo de processamento maior do que o planejado para o produto e, conseqüentemente, gerando estoques de espera na linha de produção (SARCINELLI, 2008).

Desperdício em transporte: refere-se ao tempo desperdiçado com movimentação desnecessária de materiais. Essa atividade não contribui para o valor do produto final, portanto, é importante estabelecer um layout que busque reduzir ao mínimo as atividades de transporte de materiais. **Desperdício de processos inadequados:** surge devido à falta de processos padronizados e métodos de trabalho ineficientes, à falta de capacitação da mão de obra ou à deficiência no detalhamento e na execução dos projetos, resultando em atividades desnecessárias na cadeia de valor (SARCINELLI, 2008).

Desperdício em estoque: desperdício associado à criação de reservas, que resulta em perdas decorrentes da utilização de capital, mão de obra, espaço físico, entre outros (WIGINESCKI, 2009). Essas perdas podem ser eliminadas através da redução da variabilidade na produção e do planejamento de lotes menores (PERETTI, 2013). **Desperdício de movimento:** refere-se à execução de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores durante a realização das tarefas (SHINGO, 1996). Esse desperdício pode ser causado por distâncias entre as frentes de trabalho, layout inadequado, falta de equipamentos nos locais de trabalho, entre outras razões (SARCINELLI, 2008).

Desperdício de produção defeituosa: produzir com falhas resulta em desperdício de esforço da mão de obra, tempo e investimento. A fim de atender aos requisitos dos clientes, é necessário realizar inspeção em todas as peças na linha de produção, e os dispositivos à prova de erros (Poka-Yoke) são essenciais para alcançar esse objetivo (SHINGO, 1996). A verdadeira aprimoração nos processos ocorre quando se produz sem nenhum desperdício. A equipe de trabalho precisa ser capaz de produzir apenas a quantidade necessária. Portanto, é crucial reduzir o excesso de capacidade, pois isso está diretamente ligado aos custos de produção. A total eliminação dos desperdícios deve aumentar significativamente a eficiência da operação (OHNO, 1997).

2.5 FERRAMENTAS AXILIADORAS DO LEAN

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como Sistema Toyota de Produção, é uma abordagem que busca a maximização da eficiência e a minimização de desperdícios nos processos produtivos. Para alcançar esses objetivos, o *Lean* utiliza uma série de ferramentas e técnicas que auxiliam na identificação e eliminação de atividades que não agregam valor. Neste referencial teórico, serão abordadas algumas das principais ferramentas auxiliaadoras do *Lean*.

Mapeamento do Fluxo de Valor: De acordo com Rother, M., & Shook, J. (2003) O Mapeamento do Fluxo de Valor, ou Value Stream Mapping, é uma ferramenta visual que permite mapear e analisar todo o fluxo de valor de um processo, desde o recebimento de matérias-primas até a entrega do produto final ao cliente. Por meio dessa ferramenta, é possível identificar gargalos, tempos de espera, atividades que não agregam valor e oportunidades de melhoria. O Mapeamento do Fluxo de Valor fornece uma visão ampla do processo, possibilitando a identificação de desperdícios e a definição de ações para otimização do fluxo.

5S: O 5S é uma metodologia que visa melhorar a organização e a limpeza do ambiente de trabalho. Consiste em cinco etapas: Seiri (Senso de Utilização), Seiton (Senso de Ordenação), Seiso (Senso de Limpeza), Seiketsu (Senso de Padronização) e Shitsuke (Senso de Disciplina). Por meio do 5S, é possível eliminar itens desnecessários, estabelecer padrões de arrumação, promover a limpeza e a padronização, além de criar uma cultura de disciplina e comprometimento dos colaboradores. Essa metodologia contribui para a redução de desperdícios, aumento da produtividade e melhoria das condições de trabalho Hirano, H. (2018).

Just-in-Time (JIT): O Just-in-Time é uma abordagem que busca produzir e entregar os produtos ou serviços no momento exato em que são necessários. Essa filosofia tem como objetivo principal a eliminação de estoques excessivos, redução de tempos de espera e sincronização das atividades ao longo da cadeia de valor. Por meio do JIT, é possível minimizar custos de armazenagem, aumentar a flexibilidade da produção e responder de forma mais rápida às demandas dos clientes Monden, Y. (2011).

Kaizen: De acordo com Imai, M. (2012) o Kaizen é um conceito de melhoria contínua que envolve a participação de todos os colaboradores na identificação de problemas e proposição de soluções. Trata-se de uma filosofia que incentiva pequenas mudanças incrementais ao longo do tempo, visando aprimorar continuamente os processos. O Kaizen promove um ambiente de trabalho colaborativo, estimula a criatividade e o engajamento dos colaboradores, resultando em melhorias significativas de desempenho e qualidade.

Poka-Yoke: O Poka-Yoke é uma técnica que visa evitar erros ou falhas em um processo por meio do uso de dispositivos ou mecanismos. Esses dispositivos são projetados para identificar e prevenir erros durante a execução das atividades, reduzindo a ocorrência de defeitos e retrabalhos. O Poka-Yoke contribui para a melhoria da qualidade, a redução de desperdícios e o aumento da produtividade Shingo, S. (1986).

Kanban: O Kanban é um sistema visual de controle de fluxo de trabalho. Utiliza cartões ou sinais visuais para indicar o status de cada atividade, permitindo visualizar o fluxo de trabalho, identificar gargalos e tomar decisões com base em informações claras. O Kanban contribui para a redução de estoques, a otimização do fluxo produtivo e a melhoria da comunicação e coordenação entre os colaboradores Liker, J. K., & Meier, D. (2006).

As ferramentas auxiliaadoras do *Lean* são fundamentais para a implementação e prática dos princípios do *Lean Manufacturing*. Cada uma dessas ferramentas desempenha um papel específico na identificação e eliminação de desperdícios, na melhoria contínua dos processos e no aumento da eficiência e qualidade. Ao utilizar essas ferramentas de forma integrada e alinhada aos objetivos organizacionais, as empresas podem obter benefícios significativos, como redução de custos, aumento da produtividade, melhoria da qualidade dos produtos e serviços, e maior satisfação dos clientes.

2.6 ASPECTOS DA ATUAL FORMA DE PRODUÇÃO

A construção civil apresenta algumas características distintas em comparação à manufatura convencional. O primeiro aspecto é que a construção civil, em geral, é uma indústria móvel, pois toda a estrutura de produção é deslocada para o local da obra, de forma que essa mudança ocorre a cada novo projeto. O segundo ponto diz respeito à mobilidade dos trabalhadores. Na manufatura, o produto se desloca ao longo do fluxo de produção. Já na indústria da construção civil, é o trabalhador que se movimenta em torno do produto (VENTURI, 2015).

Além disso, o setor é complexo. É composto por empresas de diversos tamanhos, incluindo aquelas especializadas em mão de obra, gerenciamento de obras, construção, empreitadas e também abrange setores industriais, como uma ampla variedade de fornecedores de materiais. Além disso, há um contínuo aprimoramento de equipamentos, técnicas construtivas e materiais, bem como um aumento na adoção de tecnologias e métodos de gestão. No entanto, ainda existe certa resistência no setor, principalmente por ser uma das indústrias mais antigas e tradicionais.

De modo geral, a construção civil sempre foi conhecida por empregar mão de obra não qualificada, com baixo nível de escolaridade entre os colaboradores. O treinamento ainda é visto pelas empresas como um custo significativo, levando os funcionários a aprenderem sobre o método produtivo na prática. A informalidade no setor tem crescido desde 2013, alcançando uma taxa de 6,6% em 2017, o que representa uma perda de 4,1 bilhões de reais em arrecadação de impostos (SANTOS, 2017).

Os fatos mencionados acima resultam em deficiências na qualidade das construções, baixa produtividade, dependência excessiva do trabalho humano e altos índices de perdas e retrabalho. Nesse contexto, a aplicação do conceito *lean* no setor surge como uma forma de atender à demanda por desempenho e qualidade, buscando satisfazer as necessidades de clientes cada vez mais exigentes.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho será dividida em duas fases principais: coleta de dados e análise comparativa. Na fase de coleta de dados, serão selecionadas obras que aplicam o *Lean Construction* e obras que não aplicam essa abordagem. Serão coletados dados referentes aos custos totais das obras, considerando diversos aspectos, como materiais, mão de obra, equipamentos, prazos e retrabalhos.

Na fase de análise comparativa, os dados coletados serão organizados e comparados para identificar as diferenças nos custos entre as obras que aplicam o *Lean Construction* e as obras convencionais.

Por fim, serão discutidos os resultados obtidos e feita uma análise crítica dos benefícios e limitações da aplicação do *Lean Construction* na redução de custos de obras.

3.1. VISITA TÉCNICA

Dentro dos procedimentos metodológicos, está a visita Técnica, onde é uma excelente ferramenta para obtenção de dados de forma prática e direta. Com isso será realizada visitas técnicas em dois empreendimentos, sob responsabilidade de construção da mesma empresa. O primeiro empreendimento que será visitado está localizado em no bairro de Tucum, no município de Cariacica/ES, bem como o segundo a ser visitado localiza-se no bairro de Jardim de Alah, também no município de Cariacica.

A partir das visitas realizadas, busca-se obter o máximo de informações de cada empreendimento, dentre elas: os procedimentos e métodos executivos, análise do cronograma físico/financeiro, ineficiências ou desafios no local visitado. Pode-se informar que os objetivos da realização de uma visita técnica nos locais de estudo têm como intuito também o registro fotográfico para melhor entendimento e experiência do leitor nesta pesquisa, pois esses registros serão apresentados no decorrer da análise dos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. VISITA TECNICA

4.1.1. Empreendimento X

Trata-se de um empreendimento localizado em Tucum, Cariacica – ES, o empreendimento em questão contem 16 torres com 20 apartamentos, totalizando 320 apartamentos tipos e os mesmos com 40,56m². Área de lazer coberta e descoberto, a vendo também 320 vagas de garagem. Com uma área total de 28.074,24m². Obra entregue em maio/2023.

Conforme foi informado na metodologia a visita técnica ao empreendimento foi realizada no dia 13/10/2023 as 16:10. E devidamente acompanhado pela equipe de pos-entrega do empreendimento.

Figura 1 – Localização do empreendimento X



Fonte: Google maps, modificada pelo autor. (2023)

O empreendimento tem o estilo construtivo de paredes de concreto armado, moldadas por formas de alumínio auto trepantes, e usando o concreto autoadensável. Seguindo o seguinte macrofluxo de serviços: Transferência de eixo → Marcação das paredes → Armação paredes → Instalações elétricas de paredes → Montagem forma Parede → Montagem forma Laje → Armação Laje → Instalações elétricas e hidráulicas na laje → Concretagem → Desforma → Retirada de Faquetas → Limpeza grossa dos apartamentos - pós concretagem → Estucagem → Lavagem parede e piso → Sondagem elétrica + teste do dreno do ar → Pós-forma → Regularização de piso → Fechamento de conectores + teste de continuidade → Pr. Esg./Pluvial + aranha → Base de shaft → Peitoril → Impermeabilização da janela → Janelas → Placa hidráulica Shaft → Placa drywall e Acabamento shaft → Impermeabilização → Cerâmica → Rejunte → Forro de gesso → emassamento + pintura → Bancadas/Louças/ Tanque → Limpeza grossa → Kit porta pronta → Montagem Disjuntores do QDC → Metais → Piso Laminado → Check list final → Limpeza fina.

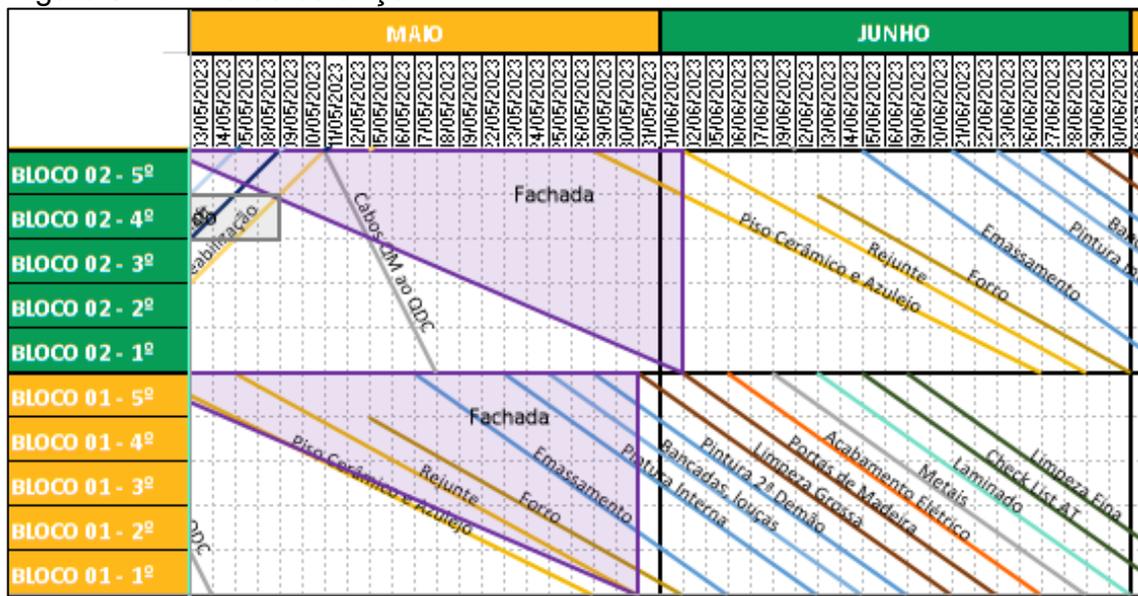
Figura 2 – Planta apartamento e fachada do bloco da edificação



Fonte: MRV (2023)

O projeto utiliza a metodologia *lean Construction*, visando a redução de custos nos serviços e na redução do tempo do lead time. Para atingir seus objetivos é utilizado as ferramentas auxiliaadoras como a linha de balanço, por meio da mesma o engenheiro, assim como toda a equipe da obra, passa a ter uma visão mais simples da execução das atividades convindo como ferramenta de apoio na melhoria da produtividade no canteiro. No eixo vertical é alocado os bloco e pavimentos, já no eixo horizontal é colocado as datas e cada serviço é representado por uma linha com uma cor.

Figura 3 – Linha de balanço.



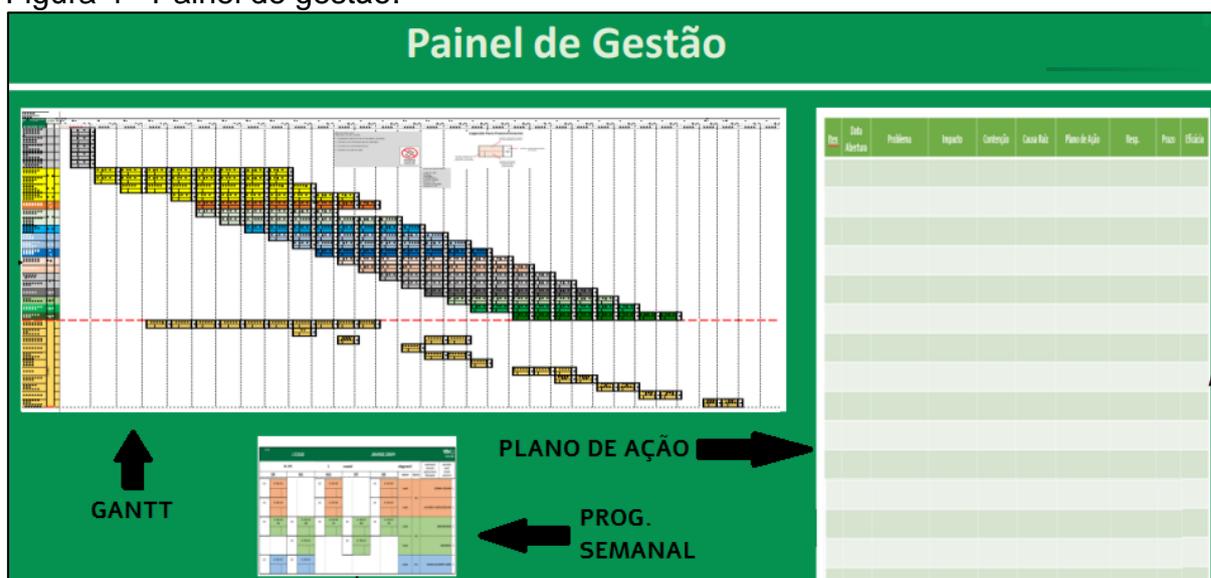
Fonte: MRV (2023)

O balanceamento das linhas pode ser obtido através da abolição de conflitos entre equipes pela mudança das sequencias de atividades ou pela alteração de ritmo, eliminação dos tempos de espera na obra, definição de estratégias de execução que permitam a dissipação das atividades reduzindo o tempo de entrega ou ocupação de uma unidade.

Para melhor planejamento de serviço baseado na metodologia *Lean*, a obra tem uma meta de dois apartamentos dia, para cada serviço, por exemplo dois apartamentos de cerâmica em um dia, dois apartamentos de cerâmica no dia seguinte e assim subsequente, também existe um hiato entre os serviços, por exemplo: o serviço de rejunte tem que ter um hiato de oito apartamentos do serviço de cerâmica.

Para um melhor controle, planejamento e conferencia é realizado uma reunião diária com um painel de gestão com três quadros principais, um dos quadros é um Gant de cada bloco para mostrar o planejado, apresentar os GAP e evidenciar distúrbios, também existindo um quadro com a programação semanal, para a conferencia e controle de frete e qualidade dos serviços, e também existe o um quadro de plano de ação que é utilizado quando não é possível bater a meta, onde que nele é colocado a causa do problema, a ação a ser tomada e a data de solução.

Figura 4 - Painel de gestão.



Fonte: MRV (2023)

Com esse planejamento estratégico, a execução da obra adquire a capacidade de estabelecer uma programação de compras, adotando princípios da metodologia "just in time". Isso resulta na redução de custos relacionados a estoques, proporcionando um controle mais preciso sobre o consumo e as perdas de materiais. Além disso, a aplicação desse planejamento permite a alocação eficiente da mão de obra nos locais adequados e no momento preciso, evitando assim a ocorrência de períodos de ociosidade. Também tendo mais qualidade nos serviços e menos retrabalho.

4.1.2. Empreendimento Y

Trata-se de um empreendimento localizado em Jardim de Alah, Cariacica – ES, o empreendimento em questão contém 17 torres com 20 apartamentos, totalizando 340 apartamentos tipos e os mesmos com 40,56m². Área de lazer coberta e descoberto, a vendo também 340 vagas de garagem. Com uma área total de 28.259,44m². Obra entregue em março/2023.

Conforme foi informado na metodologia a visita técnica ao empreendimento foi realizada no dia 12/10/2023 às 16:45. E devidamente acompanhado pela equipe de pós-entrega do empreendimento.

Figura 5 – Localização do empreendimento Y



Fonte: Google maps, modificado pelo autor (2023)

O empreendimento segue o mesmo método construtivo e macrofluxo do empreendimento X, no entanto, se diferencia pela adoção de uma metodologia distinta. Esta diferença tem repercussões significativas, uma vez que resulta na ausência de metas de serviços bem definidas, um dimensionamento inadequado da mão de obra, um hiato considerável entre as diversas etapas das atividades, e a carência de uma programação de compras eficaz. Essas lacunas e deficiências operacionais convergem para um cenário prejudicial, marcado por um desperdício substancial de mão de obra e materiais. Além disso, a falta de uma terminação adequada nos apartamentos torna-se evidente, acompanhada pela necessidade recorrente de retrabalhos e, como resultado direto, atrasos significativos no cronograma previamente estabelecido.

4.2 COLETA DE DADOS

Foi fornecida pela a construtora o custo médio dos apartamentos e o lead time médio por bloco do empreendimento que usou a metodologia *Lean* e o empreendimento que não usou a metodologia *Lean*. Também foi fornecido um rateio de custos, para uma melhor análise, como mostra na tabela a seguir.

Tabela 1 - Custo de atividades

ATIVIDADES	OBRA X	OBRA Y
ALVENARIA, ESCADA, MURO PRIVATIVO	R\$ 27.060,25	R\$ 27.251,36
ADMINISTRAÇÃO E DESPESAS	R\$ 3.583,57	R\$ 8.313,88
AZULEJO	R\$ 1.848,10	R\$ 2.137,85
CINTAMENTO, LAJÃO, PISO POBRE	R\$ 5.120,41	R\$ 5.037,52
ELEVADORES	R\$ 645,68	R\$ 645,68
FUNDAÇÃO	R\$ 5.192,80	R\$ 5.123,80
GÁS INTENO	R\$ 793,91	R\$ 798,33
INSTALAÇÃO ANTI INCENDIO	R\$ 890,43	R\$ 897,87
INSTALAÇÃO ELETRICA	R\$ 8.317,17	R\$ 8.388,03
INSTALAÇÃO HIDROSSANITARIAS	R\$ 6.622,12	R\$ 7.231,18
INSTALAÇÃO TELEFONICAS	R\$ 903,57	R\$ 898,78
JANELAS E PORTAS METALICAS	R\$ 6.253,45	R\$ 6.801,23
LAJE TIPO E FORRO	R\$ 1.061,03	R\$ 1.098,68
CHECK LIST	R\$ 1.948,48	R\$ 3.474,90
LIMPEZA	R\$ 723,24	R\$ 1.007,96
MARCOS E PORTA DE MADEIRA	R\$ 3.026,25	R\$ 3.518,83
MASSA EXTERNA	R\$ 836,80	R\$ 863,54
MASSA INTERNA	R\$ 2.783,80	R\$ 3.594,93
PINTURA EXTERNA FACHADA, MOLDURA	R\$ 3.257,38	R\$ 3.208,54
PINTURA INTERNA	R\$ 4.609,75	R\$ 5.407,75
PISO, IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 7.507,64	R\$ 9.381,58
TELHADO	R\$ 260,44	R\$ 260,44
TOTAL	R\$ 93.246,26	R\$ 105.342,66

Fonte: MRV (2023)

O lead time médio fornecido pela construtora, foi que a obra que usou a metodologia *lean* teve um lead time de de 127 dias e a obra que não usou a metodologia *lean* teve um lead time médio de 198 dias.

4.3 ANALISE COMPARATIVA

Ao longo do desenvolvimento deste estudo, foi possível perceber a significativa diferença entre obras que utilizam a metodologia convencional e aquelas que adotam a metodologia *Lean Construction*. Foram analisados os lead times e os custos associados a cada tipo de obra, como detalhado a seguir:

- Obra com Metodologia Convencional:
 - Lead Time Médio por Bloco: 198 dias
 - Custo por Apartamento: R\$ 105,342.66
- Obra com Metodologia *Lean Construction*:
 - Lead Time Médio por Bloco: 127 dias
 - Custo por Apartamento: R\$ 93,246.26

Ao comparar estes dados, é evidente a economia proporcionada pela adoção da metodologia *Lean Construction*. Em relação ao tempo, houve uma economia de 71 dias por bloco, equivalente a uma redução de aproximadamente 36% no lead time. Já em termos de custo, o valor por apartamento foi reduzido em R\$ 12,096.40, o que representa uma economia de cerca de 11,5%.

De acordo com o custo das atividades da tabela foi analisado que existe uma grande diferença de custo entre as obras, em grande parte das atividades, mas principalmente no serviço de check list, e esse valor é devido a grande quantidade de retrabalhos existentes nos apartamentos. Outro item que chama a atenção é o custo de administração e despesas que tem uma ligação diretamente as custos fixos da obra, com isso quanto mais tempo a obra demorar a fazer a sua entrega mais custosa ela fica.

Além da mera comparação dos dados, vale ressaltar que a eficiência e economia observadas nas obras que utilizaram o *Lean Construction* podem ser atribuídas à utilização de ferramentas auxiliaadoras que estão intrinsecamente ligadas a esta metodologia. Dentre elas, as seguintes se destacam:

Gráfico Gantt: Permite um acompanhamento visual detalhado do progresso de cada atividade e sua relação com as demais, facilitando a identificação de gargalos e a otimização de processos.

Plano de Ação: Estabelece objetivos claros, responsabilidades e prazos para cada tarefa, promovendo uma gestão mais estratégica e orientada a resultados.

Just-in-time: Reduz desperdícios ao garantir que os recursos sejam entregues exatamente quando necessários, evitando excessos e faltas.

Reuniões Diárias: Favorecem a comunicação entre a equipe, a identificação rápida de problemas e a tomada de decisões ágeis.

Dessa forma, a integração entre a metodologia *Lean* e as ferramentas mencionadas se mostrou altamente benéfica para a eficiência e economia nas obras analisadas neste TCC.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do referencial teórico foi apresentado o *Lean Construction* que é uma metodologia que visa minimizar os desperdícios e os prazos de execução e maximizar a qualidade e o lucro. Foi abordado o modo de aplicação dessa metodologia apontando suas principais ferramentas e princípios e elaborado um estudo de caso em um edifício residencial onde é utilizada essa metodologia não só pelas suas ferramentas, mas sim a cultura *Lean*.

De acordo com os resultados obtidos, o objetivo do estudo foi alcançado, destacando que a utilização do *Lean Construction* favorece não só com a otimização do canteiro e no gerenciamento da obra, como também na execução de todos os serviços contidos nela através da padronização dos serviços e critérios para as conferências, possibilitando entregar empreendimentos com cada vez menos desperdícios.

A integração de ferramentas como o Gráfico Gantt, linha de balanço, Just-in-time, entre outras, com a filosofia *Lean*, demonstrou ser uma combinação poderosa que

proporciona não apenas economia, mas também a entrega de produtos de maior qualidade. Além disso, a realização de reuniões diárias se mostrou fundamental para manter todos os envolvidos alinhados e informados, agilizando tomadas de decisão e identificação de gargalos.

Vale ressaltar que a adoção do *Lean Construction* vai além da simples aplicação de ferramentas. Envolve uma mudança cultural, onde todos os participantes da obra compreendem e se comprometem com os princípios de melhoria contínua, foco no cliente e eliminação de desperdícios.

Diante das evidências apresentadas e dos benefícios observados, é imperativo considerar a metodologia *Lean Construction* não como uma mera tendência, mas como uma abordagem essencial para quem busca excelência e competitividade no dinâmico setor da construção civil. Através deste trabalho, esperamos que profissionais e empresas reconheçam o valor desta metodologia e se sintam motivados a explorar ainda mais seus potenciais benefícios.

Espera-se que este estudo contribua para o avanço do conhecimento na área de *Lean Construction* e forneça insights para profissionais da construção civil interessados em melhorar a eficiência e a rentabilidade de seus projetos.

REFERÊNCIAS

ALVES, N. **Lean Construction: benefícios, exemplos e 5 princípios fundamentais**, 2017. Disponível em: <<https://constructapp.io/pt/lean-construction>>. Acesso em: 31 de maio de 2023.

ARANTES, P.. **Lean Construction – Filosofias e Metodologias**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2008.

BALLARD G., KOSKELA L., TOMMELEIN I.. **The foundations of lean construction**. University of California, Berkeley, 2002.

CNPQ. Tabela de Áreas do Conhecimento. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/documents/11871/24930/TabeladeAreasdoConhecimento.pdf/d192ff6b-3e0a-4074-a74d-c280521bd5f7>. Acesso em: 17 jun. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, P. G. F. , **Estudo e análise da metodologia Lean Construction, Minas Gerais** – 2014.

Hirano, H. **5S para escritório: organização e padronização do ambiente de trabalho**. Lean Institute Brasil, 2018.

Imai, M. **Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy**. McGraw-Hill Education, 2012.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Relatório Técnico nº. 72 – EUA, 1992.

KOSKELA, Lauri. **Making do – The Eight Category of Waste**. In: **Conference of International Group for Lean Construction**. Dinamarl, 2004.

- Liker, J. K., & Meier, D. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill Education, 2006.
- Monden, Y. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. CRC Press, 2011.
- OLIVEIRA, Ana. **Análise Da Metodologia Lean Construction Em Um Edifício Residencial No Município De Anápolis**, Goiás – 2019.
- PICCHI F. **Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção**. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 1, p 7-23. Porto Alegre, 2003.
- PICCHI F. **Lean Principles and the construction main flows**. Brington UK, 2000.
- SARCINELLI, Wanessa T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.
- SEBRAE. *Lean Construction: Uma mudança necessária*. 2016 Disponível em <>; Acesso em maio de 2023.
- TAIICHI, Ohno. **O Sistema Toyota de Produção** – além da produção em larga escala, Ed. Bookman, 1997.
- VENTURI J.; **Propostas de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras em Santa Maria**. Trabalho de conclusão de curso. Santa Maria, 2015.
- WIGINESCKI, Beatriz B. **Aplicação dos Princípios da Construção Enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso**. 115 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: . Acesso em: 7 maio. 2023.
- FORMOSO, C. T. et al. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.
- SANTOS. **A Informalidade na construção civil causa perda de R\$ 4 bi, 2017**. Disponível em < <https://www.cimentoitambe.com.br> >. Acesso em novembro de 2023.
- FORMOSO C. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos. Relatório - Núcleo Orientado para inovação da Edificação**. Porto Alegre, 2002.
- SILVEIRA, Lucas Pereira da; MANO, Aline Patrícia. **Identificação das práticas de construção enxuta em cinco empresas do sul da Bahia**. 2016.
- SHINGO, Shingeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.
- Rother, M., & Shook, J.. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, 2003.