



Gestão & Gerenciamento

LEAN CONSTRUCTION, EFICIÊNCIA E OTIMIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO

*LEAN CONSTRUCTION: EFFICIENCY AND OPTIMIZATION IN
CONSTRUCTION*

Thayna de Souza Proêza

Engenheira Civil; Pós-graduanda em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civas;
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

tproeza@gmail.com

Rafael Felipe Teixeira Rodrigues

Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho; Universidade de Vila Velha, Espírito
Santo, ES, Brasil;

rafaelftr@poli.ufrj.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo comparar a eficiência da gestão de insumos na construção civil utilizando dois métodos distintos: o planejamento tradicional do PMBOK e a abordagem da *Lean Construction* (LC). A pesquisa foi desenvolvida através de um estudo de caso envolvendo a construção de um edifício de 15 andares, onde foram aplicadas ambas as metodologias em dois cenários distintos. Na análise, foram observados aspectos como o desperdício de materiais, a produtividade, o controle de prazos e a eficiência geral dos processos. A metodologia incluiu uma comparação detalhada entre os dois métodos, onde se identificaram as principais diferenças no fluxo de trabalho, uso de recursos e resultados obtidos. No cenário utilizando o PMBOK, houve maior incidência de desperdícios, estoques elevados e variações significativas no cumprimento de prazos. Já na implementação da LC, verificou-se uma maior eficiência na gestão de insumos, com redução de desperdícios e cumprimento mais rigoroso dos prazos, além de um aumento na colaboração entre as equipes e no controle das atividades. Concluiu-se que a aplicação da LC contribui significativamente para a melhoria da produtividade e eficiência na construção civil, destacando-se como uma alternativa mais eficaz frente aos métodos tradicionais.

Palavras-chave: *Lean Construction*; PMBOK; Gestão de insumos; Desperdício; Produtividade.

Abstract

This paper aims to compare the efficiency of input management in civil construction using two different methods: traditional PMBOK planning and the Lean Construction (LC) approach. The research was developed through a case study involving the construction of a 15-story building, where both methodologies were applied in two different scenarios. The analysis observed aspects such as material waste, productivity, deadline control, and overall process efficiency. The methodology included a detailed comparison between the two methods, where the main differences in workflow, resource use, and results obtained were identified. In the scenario using PMBOK, there was a higher incidence of waste, high inventories, and significant variations in deadline compliance. In the implementation of LC, greater efficiency in input management was observed, with reduced waste and more rigorous compliance with deadlines, in addition to an increase in collaboration between teams and control of activities. It was concluded that the application of Lean Construction contributes significantly to improving productivity and efficiency in civil construction, standing out as a more effective alternative to traditional methods.

Keywords: *Lean Construction*; PMBOK; Input management; Waste; Productivity.

1 Introdução

A gestão de insumos na construção civil desempenha um papel importante na eficiência e no sucesso dos projetos. A administração inadequada desses recursos pode resultar em desperdícios significativos, atrasos e aumento de custos, comprometendo a competitividade e a sustentabilidade do setor. Nesse contexto, o *Lean Construction* (LC) tem se destacado como uma abordagem eficaz para otimizar processos e melhorar a gestão de materiais, focando na eliminação de desperdícios e no aprimoramento do fluxo de trabalho.

A *Lean Construction* (LC) é uma abordagem da construção civil inspirada nos princípios do *Lean Manufacturing*, desenvolvida pela Toyota, que busca a maximização da eficiência e a minimização dos desperdícios em processos construtivos. Diferente das abordagens convencionais, que focam em atividades isoladas, a LC prioriza uma visão de fluxo contínuo das atividades, promovendo uma sincronia entre etapas e equipes para

melhorar a produtividade e reduzir perdas. Entre seus principais conceitos, destacam-se o *Just in Time*, o sistema *Pull*, o *Kaizen* (melhoria contínua), o VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor) e ferramentas como o *Last Planner System* (LPS) e o Kanban, que facilitam a organização e priorização de tarefas (KOSKELA, 2020).

A LC começou a se consolidar na década de 1990, quando acadêmicos e profissionais da construção passaram a investigar a aplicabilidade dos métodos Lean no setor. Entre os pioneiros estão Lauri Koskela, que, em 1992, publicou o artigo "Application of the New Production Philosophy to Construction", e o International Group for Lean Construction (IGLC), fundado em 1993. Koskela e o IGLC focaram no estudo e desenvolvimento de práticas Lean adaptadas ao setor de construção, que possui particularidades em relação ao setor industrial, como a complexidade dos projetos, a imprevisibilidade de condições e a necessidade de interações entre diversas equipes (HASAN; SHRESTHA; KUMAR, 2024).

Com o tempo, a LC evoluiu, incorporando práticas e metodologias específicas para resolver problemas típicos da construção civil, como a variabilidade de tarefas e o controle de qualidade em tempo real. Hoje, a LC é reconhecida mundialmente, sendo aplicada em diferentes países e em empreendimentos variados, desde edifícios de grande porte até obras de infraestrutura, com resultados significativos em qualidade, custo e eficiência (KOSKELA, 2020).

De outro lado, o PMBOK (Project Management Body of Knowledge) é um guia desenvolvido pelo PMI (Project Management Institute) que reúne boas práticas, métodos e padrões para a gestão de projetos. A metodologia PMBOK organiza essas práticas em áreas de conhecimento, como *escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos, aquisições e stakeholders*. Seu objetivo é orientar gerentes de projetos a conduzir todas as fases de um projeto – do início ao encerramento – de forma estruturada e eficiente (PMI, 2021).

O desenvolvimento do PMBOK começou na década de 1980, quando o PMI iniciou um esforço para consolidar e padronizar práticas de gestão de projetos, que até então variavam amplamente entre indústrias e profissionais. A primeira edição do guia PMBOK foi lançada em 1996, e desde então tem sido atualizada periodicamente para refletir novas práticas e inovações no campo da gestão de projetos. Cada nova edição amplia o escopo e ajusta os métodos para torná-los mais aplicáveis a diferentes tipos de projetos e setores, como tecnologia, construção e saúde (ROCHA, 2015).

A metodologia do PMBOK se destaca por sua flexibilidade, permitindo que os gerentes adaptem as ferramentas e processos às especificidades de cada projeto. Atualmente, o guia é amplamente adotado em todo o mundo e forma a base para a certificação PMP (Project Management Professional), uma das mais prestigiadas em gestão de projetos (KAISER, 2024).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo comparar os resultados da construção de um edifício de 15 andares utilizando dois diferentes métodos de gestão: o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), amplamente usado como padrão tradicional de gerenciamento de projetos, e a LC, uma abordagem mais moderna, voltada para a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua. A proposta é avaliar como cada modelo de planejamento e execução impacta o desempenho do projeto em termos de prazos, custos, qualidade e satisfação das partes interessadas.

Para tanto, este trabalho utiliza uma metodologia de estudo de caso. Dois cenários são simulados: o primeiro, utilizando o modelo tradicional do PMBOK, que segue uma abordagem sequencial de planejamento e controle, com foco no cumprimento de prazos e orçamento pré-estabelecidos. No segundo caso, o edifício é construído com base nos princípios da *LC*, que promove flexibilidade, planejamento colaborativo e otimização de recursos. Cada cenário é detalhado em termos de suas etapas de planejamento, execução, controle e entrega.

A análise dos resultados foca na comparação direta entre os dois métodos, destacando os impactos em eficiência, flexibilidade, custos, e na capacidade de adaptação a variabilidades. A discussão explora como os princípios teóricos de cada abordagem influenciam o resultado final do projeto, especialmente em relação à redução de desperdícios, melhoria da qualidade do processo e integração das partes envolvidas.

2 Lean Construction

Este estudo explora os conceitos e ferramentas que sustentam a *LC*, com destaque para seus princípios, estratégias de eliminação de desperdícios e métodos de otimização.

2.1 Desafios na gestão de insumos na Construção civil

Na gestão de insumos na construção civil, diversos desafios comuns afetam diretamente a eficiência e o controle de materiais, impactando o sucesso dos projetos. Um dos principais obstáculos é a falta de planejamento e previsão adequada, o que resulta em erros nas estimativas sobre a quantidade e tipo de insumos necessários. Quando não há previsões precisas, ocorrem excessos ou faltas de materiais, afetando o andamento das obras, além de gerar desperdícios e custos operacionais elevados. A logística ineficiente é outro desafio significativo, envolvendo problemas relacionados ao transporte, armazenamento e manuseio dos materiais. A falta de coordenação adequada pode levar a atrasos na entrega, insumos danificados ou armazenados de forma inadequada, resultando em perdas e dificuldades para manter a continuidade do projeto (HASAN et al, 2023).

Além disso, há um problema recorrente de desperdício de materiais no canteiro de obras, seja por manuseio inadequado, erros de execução ou excesso de compra de insumos. Esse desperdício não só gera custos desnecessários, como também afeta a sustentabilidade do projeto. A falta de padronização nos processos de aquisição e controle de materiais é outro obstáculo. Muitas empresas ainda utilizam métodos pouco estruturados ou manuais para realizar o controle de estoque, o que aumenta o risco de erros humanos, falta de visibilidade sobre os níveis de estoque e problemas de rastreabilidade (SINGH et al., 2023).

A comunicação ineficaz entre os setores de compras, planejamento e execução também compromete a eficiência na gestão de insumos. Quando as informações não fluem de forma clara e integrada, ocorrem falhas no fornecimento de materiais, resultando em paralisações nas atividades e desorganização nos canteiros de obras. A fragmentação da cadeia de suprimentos é outro desafio, pois muitos projetos envolvem múltiplos fornecedores e subcontratados, o que dificulta a coordenação e o controle de prazos, qualidade e quantidade dos insumos (HASAN et al, 2024).

Por fim, entre vários problemas, Nawaz, Chen e Su (2023) defendem que a falta de capacitação e treinamento adequado das equipes sobre a importância de uma gestão eficiente de insumos é um fator crítico. Sem o conhecimento das boas práticas de controle e armazenamento, há um maior risco de desperdícios e ineficiências. A implementação de estratégias *Lean*, como o *Just-in-Time* e o mapeamento de fluxo de valor, que serão detalhadas nos próximos capítulos, pode mitigar esses desafios, mas depende de uma mudança cultural dentro das organizações, voltada para a eliminação de desperdícios e a otimização contínua dos processos. Esses desafios, se não tratados, comprometem a eficiência da gestão de insumos, aumentando os custos e reduzindo a produtividade dos projetos de construção.

2.2 Principais estratégias e ferramentas da *Lean Construction*.

A LC é uma abordagem adaptada do sistema de produção enxuta (*Lean Manufacturing*), voltada para eliminar desperdícios e aumentar a eficiência na construção civil. Quando aplicada à gestão de insumos, essa metodologia oferece várias estratégias e ferramentas que otimizam o fluxo de materiais e minimizam perdas, garantindo maior controle e previsibilidade nos processos. Destacam-se as principais estratégias e ferramentas *Lean* aplicáveis à gestão de insumos, detalhando seus impactos.

2.2.1 Princípios da *Lean Construction*

Koskela (2020) propõe onze princípios fundamentais para a implementação eficaz da LC, que visam aumentar a eficiência e a qualidade dos processos na construção civil. Esses princípios incluem o aumento do valor do produto, focando em identificar e entregar valor ao cliente, e a redução da variabilidade, buscando minimizar a inconsistência nos processos de produção e entrega. A simplificação de processos também é essencial, eliminando etapas desnecessárias e tornando as operações mais eficientes. Além disso, há a redução ou eliminação de atividades que não agregam valor, concentrando-se nas que contribuem diretamente para o resultado final. A melhoria contínua do processo deve ser uma busca constante, com foco na excelência e na revisão contínua das práticas de trabalho. Outro princípio importante é a redução do tempo de ciclo, visando entregar produtos de forma mais rápida e eficiente. A flexibilidade da produção é igualmente destacada, com sistemas de produção adaptáveis às mudanças nas demandas de mercado e às necessidades dos clientes. A transparência do processo, através de uma comunicação clara e colaboração em todas as etapas, promove a confiança entre as partes envolvidas. Koskela também defende o uso de referências em melhores práticas para guiar os processos de execução, além de um controle abrangente e eficaz em todas as fases do projeto, garantindo o cumprimento de prazos e orçamentos. Por fim, o equilíbrio entre fluxo e conversão deve ser aprimorado, permitindo uma produção contínua e sem interrupções, garantindo a eficiência global do processo.

Esses princípios só podem ser plenamente aplicados se houver uma melhoria abrangente na gestão de projetos e integração das partes interessadas, permitindo que a filosofia *Lean* seja utilizada para otimizar todas as fases do processo produtivo. O estudo de Koskela et al. (2019) também destaca que a falta de otimização dos subprojetos em uma edificação é a maior fonte de perdas, onde a Construção Enxuta atua para eliminar essas causas e maximizar as atividades que agregam valor.

A implementação de uma cadeia de valor é importante para identificar atividades que geram ou não valor ao projeto. Por exemplo, o despejo de concreto para lajes é uma atividade que agrega valor, enquanto o tempo de espera da betoneira prejudica o processo. O *Lean* busca eliminar atividades que não agregam valor, otimizando a logística e reduzindo custos, além de garantir que os prazos sejam cumpridos antes do previsto (KOSKELA, 2020).

2.2.2 Desperdício

Na filosofia da *LC*, resíduos são definidos como quaisquer elementos que não agregam valor diretamente às atividades necessárias para a conclusão de uma unidade produtiva (ASLAM et al, 2022). Esses resíduos são classificados em sete categorias: estoques excessivos, que geram custos adicionais de armazenamento e deterioração ao manter mais materiais do que o necessário; transporte desnecessário, que aumenta o tempo e custos sem agregar valor ao processo produtivo; defeitos e retrabalhos, que consomem recursos e tempo com correções; excesso de produção, que resulta em desperdício de materiais e armazenamento desnecessário; movimentação inútil de pessoas, que gera perda de tempo e energia; e excesso de processamento, quando atividades desnecessárias são realizadas, muitas vezes devido a ineficiências no planejamento.

A gestão tradicional da construção civil, focada principalmente na transformação linear de materiais em produtos finais, frequentemente ignora esses resíduos, uma vez que seu foco está nas etapas de conversão direta, negligenciando aspectos como transporte, armazenamento e movimentação. Isso cria um ambiente propenso a ineficiências. Em contraste, a abordagem da *LC* adota uma visão holística, considerando a otimização de todos os fluxos envolvidos, desde materiais até informações e o movimento de trabalhadores, com o objetivo de eliminar atividades que não agregam valor e maximizar a eficiência e o valor entregues ao cliente (KOSKELA, 2020).

A *LC* propõe que a produção deve ser vista como uma combinação de transformação de materiais, fluxo de recursos e geração de valor (MARTINEZ et al, 2019). Por exemplo, ao construir um piso, a transformação ocorre ao unir porcelanato com argamassa, o fluxo refere-se ao uso eficiente desses materiais, e o valor é medido pelo número de metros quadrados construídos em determinado tempo. Para a *LC*, a otimização vai além da transformação em si, sendo fundamental melhorar o fluxo de materiais até os locais de execução, garantindo que cada etapa agregue valor de forma eficiente.

Enquanto a construção tradicional foca em atividades de conversão, a *LC* reconhece a importância de otimizar os fluxos de recursos e materiais para garantir eficiência máxima. O modelo tradicional se baseia em teorias limitadas, como a teoria de projetos, que enxerga a construção apenas como um processo de transformação, e a teoria de gestão, que foca principalmente no planejamento, relegando o controle e a execução a papéis secundários. O *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), por exemplo, privilegia o planejamento detalhado, mas oferece pouca ênfase no controle e na execução, o que resulta em falhas na adaptação e na melhoria contínua ao longo do projeto (UUSITALO et al., 2019). Assim, a abordagem *Lean* busca corrigir essas limitações, promovendo uma gestão integrada e eficiente que valoriza tanto o planejamento quanto o controle dinâmico e a execução rigorosa, minimizando desperdícios e maximizando valor.

2.2.3 Just-in-Time (JIT)

O *Just-in-Time* é uma das principais estratégias *Lean* que visa entregar materiais na quantidade certa, no momento exato, e no local correto, minimizando estoques desnecessários. Na gestão de insumos, o JIT contribui para evitar o acúmulo de materiais no canteiro de obras, o que não só economiza espaço, como também reduz o risco de deterioração ou roubo de insumos. Ao alinhar a entrega com o cronograma de execução, o JIT garante que os recursos sejam usados imediatamente, eliminando desperdícios relacionados a armazenamento inadequado ou obsolescência (FORBES; AHMED, 2020).

2.2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM)

O mapeamento do fluxo de valor (VSM) no contexto da LC é uma ferramenta analítica robusta, voltada para a identificação e eliminação de desperdícios em cada etapa do processo de gestão de insumos, desde a aquisição, transporte, armazenagem, até sua utilização no canteiro de obras. Ele permite a visualização sistêmica do fluxo de materiais e informações, possibilitando a detecção de atividades que não agregam valor, tais como tempos de espera, movimentações desnecessárias, estoques excessivos e retrabalhos. Ao aplicar o VSM, pode-se analisar indicadores como lead time, tempo de ciclo e taxa de utilização dos recursos, identificando gargalos que impactam diretamente a eficiência da cadeia produtiva. Além disso, o VSM possibilita a criação de um estado futuro ideal do processo, propondo melhorias para um fluxo de trabalho mais enxuto e contínuo, com menor variabilidade e maior previsibilidade. A integração desta ferramenta com outras técnicas do *Lean*, como o *Just in Time* e o *Kanban*, potencializa o gerenciamento dos insumos, reduzindo os tempos de espera e melhorando a coordenação entre os fornecedores e o canteiro de obras. Dessa forma, o VSM atua não apenas na redução de custos diretos, mas também na melhoria da confiabilidade do planejamento e na agilidade da execução, contribuindo para uma gestão mais eficaz e alinhada aos princípios *lean* (GAO; LOW, 2014; IGWE et al., 2020).

2.2.5 Valor Agregado (EVM)

O método de Valor Agregado (EVM - *Earned Value Management*) é uma técnica amplamente utilizada no gerenciamento de projetos para medir o desempenho e o progresso, integrando escopo, tempo e custos. No contexto da construção civil, o EVM permite aos gestores avaliarem se o projeto está dentro do cronograma e do orçamento, por meio de métricas como o Valor Agregado (EV), o Custo Real (AC) e o Valor Planejado (PV). Essas métricas fornecem uma visão clara do desempenho do projeto, permitindo ajustes proativos. No entanto, apesar de sua eficácia para monitorar e controlar o desempenho financeiro e temporal, o EVM pode não captar de maneira integral os princípios da LC, que se concentram na eliminação de desperdícios e na maximização do valor para o cliente. Enquanto o EVM foca em variáveis como custos e prazos, a LC visa otimizar os fluxos de trabalho, reduzir a variabilidade e melhorar a qualidade geral do processo (GAO; LOW, 2014).

A integração do EVM com os princípios LC pode gerar uma sinergia interessante. Enquanto o EVM fornece dados quantitativos para monitorar o desempenho do projeto, a LC complementa ao enfatizar a melhoria contínua dos processos e a eliminação de atividades que não agregam valor. Por exemplo, a ferramenta de Valor Agregado pode ser utilizada em conjunto com técnicas *lean*, como o *Last Planner System* (LPS) e o *Kanban*, para melhorar o planejamento e execução, ao mesmo tempo em que o VSM (Mapeamento do Fluxo de

Valor) pode identificar gargalos e desperdícios no processo de produção. Essa combinação permite que o projeto não seja apenas monitorado financeiramente, mas também avaliado em termos de eficiência operacional. O gerenciamento de valor agregado pode, assim, se beneficiar dos princípios de fluxo contínuo e da redução de variabilidade promovidos pela LC, o que potencializa a entrega de valor ao cliente e otimiza os recursos empregados (BALLARD et al., 2002).

2.2.6 Planejamento de Longo e Curto Prazo (*Last Planner System - LPS*)

O *Last Planner System* é uma ferramenta *Lean* voltada para o planejamento e controle da produção, que integra o planejamento de longo prazo com o de curto prazo. Ao aplicar o LPS à gestão de insumos, é possível planejar com maior precisão as necessidades de materiais em cada fase do projeto, garantindo que os insumos estejam disponíveis no momento certo, sem excesso de compra. Isso minimiza tanto os atrasos quanto os estoques excessivos, além de promover um controle mais rigoroso do fluxo de materiais em cada etapa da obra (BHATT et al, 2021).

Para gerenciar a variabilidade no planejamento e garantir uma execução eficiente, a LC adota ferramentas específicas, como o Sistema Último Planejador (LPS). De acordo com Mossman et al. (2013), o Último Planejador é um sistema de gestão colaborativa que envolve uma rede de relacionamentos e diálogos necessários para coordenar a programação, produção, planejamento e execução dos projetos.

A aplicação do Sistema Último Planejador é essencial para aumentar a confiabilidade do planejamento na construção civil. Ele ajuda a reduzir a incerteza e promove melhorias no desempenho do projeto, integrando cronogramas intermediários e semanais ao plano geral do projeto. Esses cronogramas detalhados permitem uma análise aprofundada dos possíveis obstáculos que podem surgir durante a execução das tarefas, contribuindo para uma maior fluidez e eficiência no processo produtivo (ALBALKHY; SWEIS, 2021).

2.3 PMBOK na construção civil

O PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) é um conjunto de práticas e diretrizes amplamente aceito para o gerenciamento de projetos em diversos setores, incluindo a construção civil. Ele oferece uma estrutura sistemática e padronizada para planejar, executar e controlar projetos de construção, o que é essencial para gerenciar a complexidade e o dinamismo inerentes a esse tipo de empreendimento (KAISER, 2024).

Na construção civil, o PMBOK divide o gerenciamento de projetos em dez áreas de conhecimento: integração, escopo, tempo, custo, qualidade, recursos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas. Essas áreas são organizadas em cinco grupos de processos: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento. A utilização desse framework ajuda a garantir que todos os aspectos críticos do projeto sejam abordados de forma holística, desde a concepção até a conclusão (AMARAL; ANDRADE, 2023).

Um dos principais benefícios do uso do PMBOK na construção civil é a capacidade de organizar e documentar detalhadamente cada fase do projeto. Isso proporciona maior clareza sobre os objetivos do projeto, melhora a comunicação entre as partes interessadas e define claramente os critérios de sucesso. No planejamento de um projeto de construção, por exemplo, o PMBOK ajuda a estabelecer um escopo preciso e detalhado, evitando

problemas de retrabalho e de mudanças inesperadas que possam aumentar custos e atrasar cronogramas (ROCHA, 2015).

Além disso, o PMBOK oferece uma abordagem estruturada para a gestão de riscos, algo importante no ambiente da construção, onde imprevistos como atrasos em entregas, condições climáticas adversas e problemas com fornecedores podem afetar significativamente o progresso. Com o uso de ferramentas de gerenciamento de riscos, como a análise qualitativa e quantitativa de riscos, os gestores podem antecipar possíveis problemas e desenvolver planos de mitigação eficazes. Outro aspecto importante é o gerenciamento de cronogramas e custos. O PMBOK proporciona diretrizes detalhadas para a criação de cronogramas, incluindo o uso de técnicas como o método do caminho crítico (CPM) e o método de valor agregado (EVM). Essas práticas são fundamentais para garantir que o projeto seja entregue no prazo e dentro do orçamento. No que tange à gestão de custos, o PMBOK possibilita o monitoramento contínuo dos gastos, permitindo intervenções rápidas em caso de desvios (AMARAL; ANDRADE, 2023).

Por fim, o gerenciamento da qualidade é outro componente importante do PMBOK, que assegura que o projeto atenda aos padrões e especificações definidos no início. Ferramentas de controle de qualidade são aplicadas para garantir que cada etapa da construção esteja em conformidade com os critérios de excelência estabelecidos (KAISER, 2024).

3 Estudo de caso

Este estudo de caso tem como objetivo comparar a eficiência de dois métodos distintos de planejamento e execução em um projeto de construção civil: o tradicional, baseado no PMBOK, e a LC. A análise foca na construção de um edifício de 15 andares, utilizando ambas as abordagens para avaliar o impacto de cada metodologia no desempenho do projeto. Embora as construções tenham sido realizadas em locais diferentes, as condições e a estrutura de trabalho são comparáveis, permitindo uma avaliação precisa das influências de cada modelo sobre os resultados finais.

2.3.1 Projeto A: Construção de edifício de 15 Andares utilizando o Planejamento do PMBOK

Neste primeiro caso, analisamos a construção de um edifício de 15 andares, onde o planejamento foi realizado de acordo com o modelo do PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*). A abordagem tradicional focou na gestão por meio de processos padronizados que seguem uma estrutura formal de planejamento, execução e controle de projetos. A equipe de gestão seguiu rigidamente as fases propostas pelo PMBOK, que incluem o início, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento.

A fase de planejamento no PMBOK é extremamente detalhada e prioriza a elaboração de um plano global e previsível para todas as etapas do projeto. Nesse caso, a equipe de planejamento dedicou um tempo significativo para a criação de um plano mestre, contemplando todas as atividades de construção, desde a fundação até a entrega final do edifício. O plano foi baseado em prazos fixos e pré-estabelecidos, com margens de contingência para eventuais atrasos e custos imprevistos.

Os engenheiros e gestores de projeto concentraram-se em prever todas as variáveis possíveis, incluindo condições climáticas, disponibilidade de mão de obra e possíveis interrupções no fornecimento de materiais. Foi criada uma agenda de entregas muito rígida, que não permitia flexibilidade caso houvesse desvios durante a execução.

A execução seguiu um modelo linear, onde as atividades foram organizadas em uma sequência lógica, de acordo com o cronograma pré-estabelecido. Cada equipe foi atribuída a uma tarefa específica, com pouca integração entre os diferentes setores (fundação, alvenaria, instalações elétricas e hidráulicas, acabamentos, etc.). Houve forte dependência de cronogramas e de contratos com fornecedores, que seguiam estritamente os prazos acordados, mesmo que as condições no canteiro de obras mudassem.

Durante a execução, foi comum que problemas imprevistos surgissem, como falhas no fornecimento de materiais ou mudanças nas condições de trabalho. No entanto, a rigidez do planejamento, característica do PMBOK, dificultou a adaptação às novas circunstâncias, resultando em atrasos e aumento de custos. Quando ocorria uma interrupção em uma atividade, isso frequentemente gerava um efeito dominó, impactando outras partes do projeto que dependiam do término das etapas anteriores.

O controle e o monitoramento foram feitos principalmente por meio de relatórios e reuniões de status semanais. O uso de ferramentas de controle de qualidade e de cronograma foi comum, e a equipe de gestão monitorava os desvios em relação ao plano original. Embora houvesse um bom controle sobre os aspectos financeiros e de qualidade do projeto, o gerenciamento dos cronogramas e o fluxo de materiais foram grandes desafios.

Por exemplo, o armazenamento de insumos no canteiro de obras foi subestimado, resultando em excesso de estoque de certos materiais, que ocuparam espaço valioso e deterioraram com o tempo. Outros materiais críticos, por sua vez, chegaram atrasados devido a falhas na coordenação logística. A necessidade de retrabalho foi outro problema frequente, já que as equipes não tinham flexibilidade para ajustar suas atividades com rapidez e eficiência, o que resultou em falhas de comunicação entre os setores.

O projeto foi concluído com um atraso de cerca de 15% em relação ao prazo original e um aumento de 12% nos custos previstos, o que trouxe consequências significativas para a sua rentabilidade. Parte desse aumento de custos foi ocasionado pela necessidade de retrabalho, causado por falhas de comunicação entre as equipes, e pela aquisição de materiais de última hora com preços mais elevados devido à urgência. Além disso, a falta de planejamento adequado em relação ao fornecimento e à logística de materiais levou a situações em que determinados insumos críticos não chegaram a tempo, causando interrupções no andamento das atividades. Por outro lado, materiais não essenciais foram comprados em excesso e permaneceram estocados por longos períodos, resultando em desperdício e custos de armazenamento não previstos.

A falta de flexibilidade do planejamento, característico do método utilizado, impediu que adaptações fossem feitas de forma ágil durante a execução, o que contribuiu para atrasos sucessivos. O cronograma rígido não permitiu que os ajustes necessários fossem implementados rapidamente, e as condições dinâmicas do canteiro de obras – como mudanças climáticas, atrasos de fornecedores e imprevistos técnicos – não puderam ser tratadas com a eficiência exigida. Esse descompasso entre o planejamento e a realidade das obras exigiu replanejamentos frequentes, gerando desorganização.

Outro problema crítico foi a baixa integração entre as equipes nas diferentes fases do projeto. Não havia sinergia suficiente entre os times de planejamento, execução e suprimentos, o que resultou em uma execução fragmentada e pouco coordenada. Falhas de comunicação entre esses grupos foram comuns, e as equipes trabalhavam de maneira isolada, sem uma visão compartilhada dos objetivos do projeto. Isso culminou em tarefas duplicadas e, em alguns casos, em atividades sendo realizadas fora de sequência, o que gerou a necessidade de retrabalhos e maior consumo de tempo e recursos.

2.3.2 Projeto B: Construção de edifício de 15 Andares utilizando *Lean Construction*

Neste segundo caso, o mesmo edifício de 15 andares foi construído utilizando a abordagem da *LC*, que busca maximizar a eficiência, minimizar o desperdício e aumentar o valor agregado ao cliente. A filosofia *Lean* foi aplicada a todas as fases do projeto, desde o planejamento até a entrega, com foco em colaboração, flexibilidade e melhoria contínua.

Na abordagem *Lean*, o planejamento foi baseado em uma colaboração estreita entre todos os envolvidos no projeto, desde engenheiros até fornecedores e trabalhadores no canteiro de obras. A fase inicial focou em identificar atividades que agregam valor ao cliente e eliminar desperdícios em potencial.

Diferente do planejamento rígido e linear do PMBOK, o Sistema Último Planejador (LPS) foi adotado para criar um cronograma mais flexível e dinâmico, dividido em três níveis: planejamento de fase, planejamento semanal (*Lookahead*) e planejamento diário. No nível de planejamento de fase, foram estabelecidas metas de longo prazo, permitindo uma visão estratégica do projeto. Já no planejamento semanal, cada equipe detalhava as atividades para as próximas seis semanas, identificando restrições potenciais, como falta de materiais ou mão de obra, e trabalhando para resolvê-las antes que se tornassem obstáculos. O planejamento diário, por sua vez, era orientado pela execução imediata, garantindo que cada tarefa fosse concluída sem interrupções, sempre com as restrições resolvidas antecipadamente. Além disso, o LPS permitiu reuniões regulares de coordenação, onde a equipe revisava o progresso e fazia ajustes conforme necessário. Esse modelo colaborativo e iterativo possibilitou uma resposta mais rápida às condições reais do canteiro de obras, como mudanças climáticas ou imprevistos, permitindo ajustes contínuos e evitando os atrasos comuns no cronograma fixo do PMBOK. Essa flexibilidade resultou em uma execução mais eficiente e na redução de tempo ocioso, aumentando a produtividade geral e a confiabilidade do planejamento.

Um destaque importante foi a identificação, já nas fases iniciais, de gargalos e potenciais problemas logísticos, como a entrega irregular de materiais e a falta de coordenação entre fornecedores. Esse diagnóstico precoce permitiu a elaboração de um plano integrado que contemplasse todas as etapas do projeto de forma fluida e eficiente. Por exemplo, ao mapear o fluxo de materiais, foi possível identificar que o transporte de insumos, como cimento e aço, enfrentava frequentes atrasos devido à programação inadequada das entregas. A solução foi sincronizar os horários de entrega com o cronograma de produção no canteiro, utilizando o *Just in Time* para evitar o acúmulo desnecessário de materiais e minimizar o risco de desperdícios. Além disso, a integração entre as equipes de diferentes disciplinas foi reforçada, promovendo reuniões semanais para alinhar expectativas e resolver pendências de forma colaborativa, evitando retrabalho e interrupções. Essa abordagem também incluiu o uso de ferramentas digitais para

rastreamento em tempo real dos suprimentos e atividades, permitindo ajustes imediatos e garantindo que todos os recursos estivessem disponíveis no momento exato de sua aplicação, eliminando gargalos operacionais e aumentando a eficiência do projeto como um todo.

A execução na abordagem *Lean* priorizou o fluxo contínuo de trabalho e a integração entre as equipes. A prática do Just in Time (JIT) foi aplicada para garantir que os materiais chegassem ao canteiro de obras exatamente quando necessários, evitando o armazenamento excessivo e o desperdício de recursos. Isso foi importante para otimizar o espaço disponível e melhorar a logística no local, reduzindo os custos com estoque e transporte.

Diferentemente do modelo PMBOK, as equipes de diferentes especialidades (estrutura, instalações, acabamento) trabalharam de forma mais colaborativa, com reuniões de coordenação frequentes para ajustar o cronograma e resolver problemas em tempo real. Esse nível de comunicação entre os setores garantiu que as atividades pudessem ser realizadas de forma sequencial e sem interrupções, minimizando o retrabalho.

Além disso, o uso da Análise de Valor Agregado (*Value Stream Mapping* - VSM) foi importante para visualizar o fluxo de trabalho de ponta a ponta, permitindo uma identificação precisa de gargalos e atividades que não agregavam valor. Um exemplo claro foi a redução de tempos de espera de betoneiras, que anteriormente causavam atrasos e aumentavam o desperdício. Através da otimização da logística de fornecimento, o VSM permitiu que o concreto fosse entregue no momento exato de sua aplicação, minimizando desperdícios e maximizando a eficiência. Essa análise detalhada do fluxo também identificou etapas redundantes no transporte de materiais e na organização do canteiro de obras, o que possibilitou a redistribuição de recursos de maneira mais eficiente, reduzindo custos indiretos e evitando ociosidade de equipes. Ao eliminar essas ineficiências, o projeto ganhou em fluidez operacional e aumento de produtividade, evidenciando como o VSM pode alinhar o planejamento com a execução em tempo real.

O controle foi realizado em tempo real, com ênfase na transparência do processo. Informações sobre o progresso de cada etapa eram compartilhadas com todos os envolvidos, e qualquer desvio em relação ao plano era tratado imediatamente, de forma colaborativa.

Um dos aspectos mais inovadores da abordagem *Lean* foi a utilização do conceito de *Kaizen* (melhoria contínua). Durante toda a execução, pequenos ajustes foram feitos para aumentar a eficiência das operações e corrigir falhas rapidamente. Em vez de esperar que os problemas se acumulassem para serem resolvidos em uma etapa posterior, a equipe fez melhorias contínuas, resultando em um fluxo de trabalho mais suave e eficiente.

A construção foi concluída não apenas dentro do prazo previsto, mas também sem aumento nos custos, graças à aplicação eficiente das ferramentas *Lean*, que permitiram um gerenciamento mais dinâmico e preciso do processo construtivo. A eliminação de atividades que não agregavam valor, como movimentações desnecessárias de materiais e espera de recursos, foi um dos principais fatores que contribuíram para uma redução de aproximadamente 8% no custo total do projeto. A implementação do Just in Time, por exemplo, foi importante para evitar o acúmulo de materiais no canteiro, o que não só

economizou espaço e recursos, mas também reduziu o risco de deterioração de insumos e simplificou a logística.

Além da economia financeira, o projeto também obteve uma redução de 10% no tempo total de execução, comparado ao cronograma inicialmente planejado. Isso foi possível principalmente devido à flexibilidade oferecida pelo Sistema Último Planejador (LPS), que permitiu revisões constantes do planejamento em três níveis (fase, semanal e diário). Essa abordagem flexível possibilitou a resolução ágil de problemas assim que surgiam, evitando interrupções maiores e garantindo a continuidade das atividades sem a necessidade de retrabalhos significativos. As decisões eram tomadas com base nas condições reais do canteiro, o que minimizou o impacto de imprevistos e aumentou a previsibilidade dos resultados.

A colaboração entre equipes também foi um diferencial. Com a abordagem Lean, a comunicação entre os setores de planejamento, execução e suprimentos foi mais fluida e transparente, permitindo que as informações fossem compartilhadas em tempo real. Essa coordenação mais eficaz resultou em menos atrasos, já que cada equipe tinha uma visão clara do progresso geral e das suas responsabilidades imediatas. Essa sinergia evitou a duplicidade de esforços e reduziu drasticamente as chances de erro.

A identificação precoce de gargalos no fluxo de trabalho, como potenciais atrasos na entrega de concreto ou a falta de recursos específicos, foi resolvida de forma proativa. Isso foi possível graças ao uso de ferramentas de visualização do processo, como o *Value Stream Mapping* (VSM), que permitiu que a equipe identificasse rapidamente os pontos de ineficiência e ajustasse a logística de forma eficiente. Por exemplo, a entrega de concreto foi sincronizada com as fases críticas da obra, eliminando o tempo de espera e ociosidade das equipes de aplicação.

Outro aspecto importante foi a melhoria contínua (Kaizen), que possibilitou ajustes incrementais durante o projeto, resultando em ganhos de produtividade ao longo do tempo. Cada etapa foi revisada para identificar oportunidades de aprimoramento, o que aumentou a eficiência global sem necessidade de grandes alterações no cronograma ou no orçamento. Com isso, o projeto conseguiu cumprir os prazos e os objetivos de custo, contrastando fortemente com os modelos de planejamento mais rígidos, como o PMBOK, que apresentaram maior dificuldade em adaptar-se às condições variáveis do canteiro de obras.

4 Análise dos resultados

Ao comparar os resultados dos dois casos apresentados - a construção de um prédio de 15 andares utilizando o modelo tradicional de planejamento do PMBOK e o método da *LC* - percebe-se que, embora ambos possam alcançar a entrega do projeto, suas abordagens, resultados e impactos são significativamente diferentes.

No modelo PMBOK, o planejamento é centralizado e sequencial, o que oferece uma estrutura sólida, com todas as etapas detalhadamente previstas antes da execução. Essa abordagem tradicional é eficiente quando há pouca variabilidade e o contexto do projeto permanece estável. Contudo, qualquer alteração no planejamento exige revisões extensivas, já que o cronograma está rigidamente interligado.

Por outro lado, na *LC*, o planejamento é interativo, realizado em colaboração com as partes interessadas e constantemente revisado através do Sistema Último Planejador (LPS). Essa abordagem aumenta a flexibilidade e permite a adaptação rápida às mudanças, um elemento que a *Lean* considera importante, conforme Koskela (2020), ao enfatizar a redução da variabilidade e a melhoria contínua. A capacidade de reagir às variabilidades reduz ineficiências, permitindo que ajustes sejam feitos conforme os obstáculos surgem.

No modelo *Lean*, a execução é contínua, com ênfase em otimizar o fluxo de trabalho e eliminar desperdícios. A aplicação do Just in Time (JIT), por exemplo, demonstrou-se eficaz na gestão dos materiais, garantindo que estes fossem entregues no momento exato, minimizando o armazenamento no canteiro e o desperdício de recursos. Este conceito está alinhado com os princípios de Taiichi Ohno (1988), ao destacar que o JIT visa não só melhorar o fluxo contínuo de produção, mas também minimizar estoques excessivos. Além disso, o uso do *Value Stream Mapping* (VSM) ajudou a identificar atividades que não agregam valor, promovendo um processo mais eficiente. A eliminação do retrabalho e o ajuste contínuo das atividades contribuem diretamente para a melhoria do desempenho geral.

No PMBOK, o controle e monitoramento são baseados no cumprimento das etapas do cronograma e dos custos estabelecidos. As métricas utilizadas, como o Valor Agregado (EVM), fornecem uma visão quantitativa do progresso, mas, como mostrado no primeiro caso, a abordagem se mostrou ineficiente ao lidar com os desafios do fluxo de materiais, mudanças de cronograma e retrabalhos. O foco excessivo no cumprimento de prazos, sem uma flexibilidade considerável, dificultou a adaptação a mudanças necessárias durante a execução.

Por outro lado, a abordagem *Lean* demonstrou maior agilidade na resposta a problemas, já que o controle era feito em tempo real, com informações transparentemente compartilhadas entre as equipes.

No caso do PMBOK, o projeto foi entregue, mas com aumento de custos e atrasos no cronograma. Os desvios ocorreram principalmente devido à inflexibilidade do modelo de planejamento e execução, à falta de coordenação em tempo real entre as equipes, e à gestão ineficiente de recursos no canteiro de obras. O resultado foi uma execução mais lenta, com retrabalho e custos adicionais gerados por imprevistos não considerados durante o planejamento inicial.

No segundo caso, a *LC* proporcionou uma redução de 8% nos custos e uma economia

de 10% no tempo de execução. Esses ganhos estão diretamente relacionados à eliminação de desperdícios, conforme proposto por Womack e Jones (1996), ao detalharem o foco da *Lean* em agregar valor ao cliente e eliminar todas as atividades que não agregam valor. A flexibilidade no planejamento e a integração entre as equipes ajudaram a manter o projeto dentro do cronograma e do orçamento, minimizando o retrabalho e utilizando os recursos de maneira mais eficiente.

No modelo PMBOK, a satisfação das partes interessadas foi limitada. Embora o edifício tenha sido entregue, o projeto sofreu com atrasos e custos adicionais, gerando descontentamento entre clientes e investidores. A falta de agilidade e de colaboração mais próxima entre as partes interessadas foi um fator negativo.

Na abordagem *Lean*, a colaboração estreita e o foco na transparência do processo resultaram em maior confiança entre todos os envolvidos. A comunicação aberta, reuniões regulares de coordenação e a integração das equipes permitiram resolver problemas em tempo real e ajustar o planejamento de maneira eficaz, aumentando a satisfação geral.

5 Considerações Finais

Dessa forma, o estudo evidencia que, embora ambas as abordagens tenham seus méritos, a *LC* se mostrou mais eficaz na entrega de resultados otimizados, tanto em termos de custos quanto de prazos, além de proporcionar maior satisfação das partes interessadas. A adoção de uma metodologia *Lean* pode ser particularmente vantajosa para projetos de construção civil, onde as variabilidades e os desafios de logística frequentemente exigem flexibilidade e eficiência operacional.

A análise dos dois casos mostra que a abordagem *LC* é significativamente mais eficiente em termos de gerenciamento de projetos de construção. Enquanto o PMBOK oferece uma estrutura robusta, sua rigidez e dependência de planejamentos iniciais limitam sua capacidade de adaptação a variabilidades e imprevistos, resultando em custos e prazos excedidos. A *LC*, com seu foco em eliminar desperdícios, flexibilizar o planejamento e melhorar continuamente os processos, demonstrou ser mais eficaz para otimizar os resultados, garantindo uma execução mais ágil, econômica e satisfatória.

A aplicação dos princípios *Lean* permitiu maior fluidez na gestão dos recursos e nas tomadas de decisões, resultando em um processo mais ajustado à realidade dinâmica de um canteiro de obras. Isso valida a teoria de que a *LC* não apenas maximiza o valor ao cliente, como também promove uma maior eficiência operacional em todo o ciclo de vida do projeto.

Referências

- ALBALKHY, W.; Sweis, R. **Barriers to adopting Lean Construction in the construction industry: A literature review.** International Journal of Lean Six Sigma, v. 12, n. 12, 2021, p.210-236.
- AMARAL, Diego Roger Borgia; ANDRADE, Robby Marcos Pereira de. **Gerenciamento de projetos na construção civil.** TEC=USU, 6(1), 2023: 35-62.

- ASLAM, M.; GAO, Z.; SMITH, G. **Framework for selection of Lean Construction tools based on Lean objectives and functionalities.** *International Journal of Construction Management*, v. 22, n. 8, 2022, p. 1559-1570.
- BALLARD, G.; TOMMELEINT, I.; KOSKELA, L.; HOWELL, G. **Lean Construction tools and techniques.** In: R. Best and G. de Valence (Eds.), *Design and construction: building in value.* New York: Butterworth-Heinemann, 2002.
- BHATT, M. K.; PIMPLIKAR, S. S.; PANDEY, P. **Elimination of process wastes in construction by using Last Planner System.** *Lecture Notes in Civil engineering*, v. 87, 2021, p. 325–333.
- FORBES, L. H.; AHMED, S. M. **Lean Project Delivery and Integrated Practices in modern construction.** Boca Raton: Routledge: 2020.
- GAO, S.; LOW, S. P. **Lean Construction management.** New York: Springer, 2014.
- HASAN, Abid; SHRESTHA, Asheem; KUMAR, Neeraj Jha. **Construction company management** London: Routledge, 2024.
- IGWE, C.; HAMMAD, A.; NASIRI, F. **Influence of Lean Construction wastes on the transformation-flow- value process of construction.** *International Journal of Construction Management*, 2020, v. 22, p.2598–2604.
- KAISER, A. F. **Planejamento de um projeto de construção civil, a partir do PMBOK.** *Revista Organização Sistêmica*, [S. l.], v. 12, n. 22, p. 21–36, 2024.
- KOSKELA, L. **Theory of Lean construction.** In Patricia Tzortzopoulos, Mike Kagioglou, Lauri Koskela (eds). *Lean construction: Core concepts and new frontiers.* New York: Routledge, 2020.
- KOSKELA, Lauri; FERRANTELLI, A.; NIIRANEN, J.; PIKAS, E.; DAVE, B. **Epistemological explanation of Lean Construction.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 145, n. 2, 2019, article 04018131.
- MARTINEZ, E.; REID, C. K.; TOMMELEIN, I. D. **Lean Construction for affordable housing: A case study in Latin America.** *Construction Innovation*, v. 19, n. 4, 2019, p. 570–593.
- NAWAZ, Ahsan; CHEN, Jian; SU, Xing. **Factors in critical management practices for construction projects waste predictors to C&DW minimization and maximization.** *Journal of King Saud University - Science*, 35(2), 2023, 102512.
- OHNO, Taiichi. **Toyota production system: Beyond large-scale production.** New York: Productivity Press, 1988.
- PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management.** 7. ed. Pennsylvania: PMI, 2021.
- ROCHA, Bruna Ferreira da. **O guia PMBOK e as pequenas construtoras: estudo de caso.** 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2015.
- SINGH, Arpit; KUMAR, Vimarl; MITTAL, Ankesh; VERMA, Pratima. **Identifying critical challenges to lean construction adoption.** *Construction Innovation*. 24(1), 2023: 17-42. ISSN: 1471-4175.

UUSITALO, P.; SEPPÄNEN, O.; PELTOKORPI, A.; OLIVIERI, H. **Solving design management problems using Lean design management: the role of trust.** *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 26, n. 7, 2019, p. 1387–1405.

WOMACK, J. E.; JONES, D.; DANIEL, T. **Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation.** New York: Simon & Schuster, 1996.