

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MATHEUS VASCONCELOS MENDONÇA

**IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION* NO
DESEMPENHO PRODUTIVO DE OBRAS VERTICAIS: UM ESTUDO
COMPARATIVO**

Área: Gestão da Produção

CAMPO GRANDE

2026

MATHEUS VASCONCELOS MENDONÇA

**IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION* NO
DESEMPENHO PRODUTIVO DE OBRAS VERTICAIS: UM ESTUDO
COMPARATIVO**

Área: Gestão da Produção

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Bayardo Mayorquim
Horta Barbosa

CAMPO GRANDE

2026

**IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION* NO
DESEMPENHO PRODUTIVO DE OBRAS VERTICAIS: UM ESTUDO
COMPARATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, para obtenção da
Graduação em Engenharia de Produção.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Bayardo Mayorquim Horta Barbosa

Orientador

Prof.^a Dr.^a Nadya Kalache

Carlos Eduardo Issamu Okida
Eng. Civil, membro externo

CAMPO GRANDE

2026

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar, no caso estudado, os efeitos da implementação estruturada da Lean Construction sobre a qualidade dos serviços, a terminalidade das etapas e a previsibilidade do fluxo de produção em uma obra vertical executada com paredes de concreto. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso comparativo, de natureza aplicada e abordagem qualitativa-quantitativa, conduzido em um empreendimento residencial composto por duas torres habitacionais idênticas, executadas no mesmo canteiro de obras, sob condições construtivas equivalentes e com equipes de perfil semelhante, diferenciando-se principalmente pelo modelo de gestão da produção adotado. A Torre 1 foi conduzida sob um modelo tradicional de gestão, caracterizado por planejamento centralizado e controle reativo. A Torre 2, por sua vez, foi orientada pelos princípios da Lean Construction, com adoção estruturada de práticas voltadas ao planejamento colaborativo, ao controle de restrições pelo Método 6M, à gestão visual e à busca pela estabilidade do fluxo produtivo. A coleta de dados foi realizada entre setembro e dezembro de 2025, por meio de observação direta, registros fotográficos, análise documental e acompanhamento de indicadores operacionais. Os achados indicaram diferenças relevantes no comportamento do sistema produtivo entre as duas torres. Na Torre 1, observaram-se fluxo irregular, baixa terminalidade das etapas e retrabalhos recorrentes. Na Torre 2, identificaram-se evidências de maior regularidade no avanço produtivo e menor necessidade de retorno a serviços já executados. Relatos técnicos e registros internos de obra indicaram redução operacional do tempo médio de ciclo de aproximadamente 7 para 5 dias por pavimento. Em exercício analítico simplificado, baseado no macrofluxo executivo do empreendimento e em premissas explicitadas no corpo do trabalho, essa diferença foi associada a potencial redução de prazo e de custo indireto. Os resultados reforçam que os ganhos atribuídos à Lean Construction, no caso analisado, decorrem menos da aplicação isolada de ferramentas e mais da mudança na lógica de gestão da produção, com ênfase na estabilização do fluxo, na antecipação de restrições e no alinhamento entre planejamento e execução.

Palavras-chave: *Lean Construction*; gestão da produção; obras verticais; fluxo produtivo; estudo de caso.

ABSTRACT

This study aimed to analyze, in the case under investigation, the effects of the structured implementation of Lean Construction on service quality, stage completion, and production flow predictability in a vertical building project executed with cast-in-place concrete walls. The research was conducted as an applied comparative case study with a qualitative-quantitative approach in a residential development composed of two identical housing towers, built on the same construction site, under equivalent construction conditions and with teams of similar profile, differing mainly in the production management model adopted. Tower 1 was managed under a traditional approach, characterized by centralized planning and reactive control. Tower 2, in turn, was guided by Lean Construction principles, with the structured adoption of practices focused on collaborative planning, constraint control through the 6M Method, visual management, and the pursuit of production flow stability. Data collection was carried out between September and December 2025 through direct observation, photographic records, document analysis, and the monitoring of operational indicators. The findings indicated relevant differences in the productive system behavior between the two towers. Tower 1 showed irregular flow, low stage completion, and recurring rework. Tower 2 presented evidence of greater regularity in production advancement and less need to return to previously executed services. Technical reports and internal production records indicated an operational reduction in average cycle time from approximately 7 to 5 days per floor. In a simplified analytical exercise based on the project's execution macro-flow and on assumptions made explicit in the body of the study, this difference was associated with potential reductions in execution time and indirect costs. The findings reinforce that, in the case analyzed, Lean Construction gains stem less from the isolated use of tools and more from a shift in production management logic, emphasizing flow stabilization, constraint anticipation, and the alignment between planning and execution.

Keywords: Lean Construction; production management; vertical construction; production flow; case study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Retrabalho no contrapiso da Torre 1	24
Figura 2 – Quadro de análise de restrições 6M	28
Figura 3 – Reunião de curto prazo com metas diárias.....	28
Figura 4 – Drywall sem terminalidade na Torre 1	29
Figura 5 – Drywall finalizado na Torre 2	29
Figura 6 – Linha de Balanço à vista na Torre 2.....	30
Figura 7 – Organização do canteiro antes da implantação Lean	30
Figura 8 – Organização do canteiro após implantação Lean.....	31
Figura 9 – Comparativo do fluxo produtivo entre Torre 1 e Torre 2.....	32
Figura 10 – Curva S do empreendimento, comparando base, previsto e realizado	33

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LC – *Lean Construction*

LPS – Last Planner System

6M – Mão de obra, Materiais, Métodos, Máquinas, Meio ambiente, Medidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Contextualização	9
1.2 Problemática	10
1.3 Objetivo Geral	11
1.4 Objetivos Específicos	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Engenharia de Produção aplicada à construção civil.....	13
2.2 Sistemas produtivos na construção civil.....	13
2.3 <i>Lean Construction</i> : fundamentos e princípios.....	14
2.4 Ferramentas e práticas da <i>Lean Construction</i> aplicadas à produção	16
2.4.1 Planejamento colaborativo e confiabilidade da produção	17
2.4.2 Controle de restrições e terminalidade das etapas	17
2.4.3 Gestão visual da produção	18
2.4.4 Estabilidade do fluxo produtivo e repetitividade das atividades	19
2.5 <i>Lean Construction</i> em obras verticalizadas e sistemas repetitivos	19
3 METODOLOGIA	21
3.1 Caracterização da pesquisa.....	21
3.2 Delineamento do estudo de caso	21
3.3 Caracterização do empreendimento e do sistema construtivo.....	22
3.4 Procedimentos de coleta de dados	22
3.5 Procedimentos de análise dos dados.....	24
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria da construção civil desempenha papel relevante no desenvolvimento econômico e social brasileiro, respondendo por parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) e pela geração de milhões de empregos diretos e indiretos (IBGE, 2023; CBIC, 2022). Apesar dessa importância, o setor apresenta, historicamente, dificuldades relacionadas à eficiência produtiva, ao controle dos processos e à confiabilidade dos prazos de entrega. Tais desafios se manifestam, sobretudo, por meio de desperdícios de materiais, retrabalhos frequentes, baixa previsibilidade do avanço das obras e variações significativas no desempenho das equipes ao longo da execução.

O relatório do McKinsey Global Institute (2017) indica que a construção apresenta desempenho produtivo cerca de 30% inferior ao da indústria manufatureira, evidenciando um potencial significativo de melhoria. No contexto brasileiro, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) e da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2022) reforçam a percepção de que o crescimento do setor nem sempre é acompanhado por ganhos proporcionais de eficiência, o que pressiona custos e compromete a competitividade das empresas.

Parte dessas dificuldades está associada à forma como os sistemas produtivos das obras são organizados e gerenciados. Tradicionalmente, a produção na construção civil é conduzida por meio de modelos de gestão orientados ao controle de atividades isoladas, nos quais o foco recai sobre o cumprimento de tarefas individuais, muitas vezes em detrimento do desempenho global do processo. Essa abordagem favorece a atuação reativa frente aos problemas do canteiro, tratando atrasos, falhas de qualidade e interferências entre equipes apenas após sua ocorrência.

Koskela (1992) argumenta que, nesse tipo de modelo, uma parcela significativa das perdas não está relacionada diretamente à execução das atividades produtivas, mas às interrupções do fluxo de trabalho, às esperas, aos transportes desnecessários e aos retrabalhos decorrentes de falhas de planejamento e coordenação. Quando o fluxo produtivo é irregular, pequenas variações tendem a se propagar ao longo do processo, resultando em avanços inconsistentes, baixa terminalidade das etapas e dificuldade de sincronização entre frentes de trabalho.

Esses problemas tornam-se ainda mais evidentes em obras verticalizadas, especialmente aquelas executadas com sistemas construtivos industrializados e repetitivos,

como o de paredes de concreto moldadas *in loco*. Nesses empreendimentos, a execução ocorre de forma sequencial entre pavimentos, de modo que o desempenho do sistema depende diretamente da regularidade do avanço e da coordenação entre equipes. Falhas em uma etapa tendem a impactar as etapas subsequentes, comprometendo a qualidade final, os prazos e os custos do empreendimento.

Nesse contexto, a *Lean Construction* surge como uma abordagem alternativa de gestão da produção, baseada na adaptação dos princípios da Produção Enxuta ao ambiente da construção civil, conforme proposto inicialmente por Koskela (1992) e aprofundado por Ballard e Howell (1998). Essa abordagem propõe uma mudança de foco em relação aos modelos tradicionais de gestão, ao tratar a obra como um sistema integrado de produção, no qual o desempenho está associado à estabilidade do fluxo de trabalho, à redução da variabilidade dos processos e à geração contínua de valor para o cliente (KOSKELA, 2000).

Estudos mais recentes indicam que a aplicação estruturada dos princípios da *Lean Construction* pode contribuir de forma significativa para a redução de desperdícios, a melhoria da qualidade dos serviços e o aumento da previsibilidade do processo produtivo, especialmente em ambientes caracterizados pela repetitividade das atividades (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020; TEZEL et al., 2020).

Entretanto, apesar da ampla difusão dos conceitos *lean*, sua aplicação prática na construção civil brasileira ainda ocorre de forma desigual. Em muitos casos, observa-se a adoção pontual de ferramentas, sem que haja uma transformação efetiva na lógica de planejamento, coordenação e controle da produção. Essa aplicação fragmentada tende a gerar resultados limitados, dificultando a consolidação de ganhos sustentáveis de desempenho ao longo da obra.

1.2 Problemática

Grande parte das obras na construção civil ainda é conduzida sob modelos tradicionais de gestão, caracterizados pela fragmentação do planejamento e pela predominância de ações corretivas — realidade evidenciada pelo fato de que 65,9% dos executivos do setor no Brasil declararam não adotar nenhuma prática de LC ou BIM (SOUSA; MÜLLER, 2022). Nesses modelos, a ausência de mecanismos eficazes de antecipação de problemas e de coordenação entre equipes compromete a estabilidade do sistema produtivo, resultando em avanços irregulares, retrabalhos recorrentes e baixa previsibilidade dos prazos.

Em empreendimentos verticais com sistemas construtivos repetitivos, essa realidade torna-se particularmente crítica. A repetição das atividades ao longo dos pavimentos exige elevado grau de organização e sincronização entre as frentes de trabalho. Quando o fluxo produtivo não é adequadamente planejado e controlado, falhas operacionais tendem a se acumular, impactando diretamente a qualidade dos serviços e a confiabilidade do processo.

Embora a literatura apresente diversos estudos sobre os benefícios da Lean Construction, muitos deles analisam empreendimentos distintos, com diferenças relevantes de projeto, equipe, sequência executiva e condições de contexto. Essa heterogeneidade dificulta a atribuição direta dos resultados observados ao modelo de gestão adotado e limita a compreensão dos mecanismos pelos quais a abordagem lean influencia o desempenho produtivo.

Diante desse cenário, torna-se relevante comparar, em condições o mais controladas possível, sistemas produtivos equivalentes diferenciados principalmente pela forma de planejar, coordenar e controlar a produção. A análise comparativa entre torres executadas no mesmo canteiro, com o mesmo sistema construtivo e projetos equivalentes, contribui para uma avaliação mais consistente dos efeitos da Lean Construction no contexto da construção civil brasileira.

Nesse contexto se insere este trabalho, ao analisar um empreendimento composto por duas torres habitacionais idênticas, executadas no mesmo canteiro de obras, com os mesmos projetos, materiais, sistema construtivo e equipes de perfil semelhante, diferenciando-se essencialmente pelo modelo de gestão da produção adotado. A pergunta de pesquisa que orienta o estudo pode ser sintetizada da seguinte forma: em que medida a adoção estruturada de práticas da Lean Construction altera a terminalidade das etapas, a regularidade do fluxo produtivo e a previsibilidade do avanço físico em duas torres habitacionais comparáveis?

1.3 Objetivo Geral

Analisar, no caso estudado, de que modo a implementação estruturada da Lean Construction se associa à qualidade dos serviços, à terminalidade das etapas e à previsibilidade do fluxo de produção em uma obra vertical executada com paredes de concreto, por meio da comparação de desempenho entre duas torres habitacionais conduzidas sob modelos de gestão distintos.

1.4 Objetivos Específicos

a) Analisar o desempenho produtivo de uma das torres do empreendimento, executada sob modelo tradicional de gestão, identificando limitações relacionadas à qualidade dos serviços, à terminalidade das etapas e à regularidade do avanço produtivo.

b) Descrever a adoção dos princípios da *Lean Construction* em uma das torres do empreendimento, destacando as adaptações realizadas na forma de planejar, coordenar e controlar a produção em relação ao modelo tradicional; e

c) Comparar os resultados obtidos nas duas torres, avaliando os impactos dos diferentes modelos de gestão sobre a previsibilidade do processo produtivo, a ocorrência de retrabalhos e a qualidade final dos serviços executados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Engenharia de Produção aplicada à construção civil

A Engenharia de Produção tem como foco o projeto, a operação e a melhoria de sistemas produtivos, integrando recursos humanos, materiais, financeiros e tecnológicos com o objetivo de alcançar maior eficiência, qualidade e previsibilidade dos processos. Diferentemente de abordagens estritamente técnicas ou construtivas, essa área enfatiza a visão sistêmica da produção, considerando não apenas a execução das atividades, mas também o planejamento, o controle e a coordenação dos fluxos de trabalho ao longo do tempo (SLACK et al., 2018).

No contexto da construção civil, a aplicação dos conceitos da Engenharia de Produção ganha relevância diante da complexidade dos empreendimentos, da elevada variabilidade das condições de execução e da multiplicidade de agentes envolvidos. Obras de edificações, especialmente as verticalizadas, podem ser compreendidas como sistemas produtivos temporários, nos quais diferentes atividades interdependentes precisam ser coordenadas para que o desempenho global do empreendimento seja satisfatório. (KOSKELA, 1992; FORMOSO et al., 2015)

Problemas recorrentes da construção civil (atrasos, retrabalhos, desperdícios de materiais e baixa produtividade) raramente resultam de falhas isoladas de execução. Na maior parte dos casos, são reflexo de sistemas produtivos mal estruturados, com lacunas no planejamento, na padronização dos processos e na gestão do fluxo de trabalho. É justamente nesse campo que a Engenharia de Produção oferece contribuição relevante, ao disponibilizar ferramentas e métodos voltados à análise e à melhoria desses sistemas.

Para leitores não familiarizados com o setor, é importante destacar que uma obra funciona como um sistema produtivo temporário, no qual diferentes equipes executam atividades interdependentes em espaços compartilhados e em condições que mudam ao longo do tempo. Assim, quando este trabalho trata de desempenho produtivo, não se refere apenas à velocidade de execução, mas também à capacidade de concluir cada etapa com qualidade, no momento previsto e sem gerar interferências para as atividades seguintes.

2.2 Sistemas produtivos na construção civil

Tradicionalmente, a produção na construção civil tem sido conduzida com base em um modelo de gestão focado no controle de atividades isoladas, no qual o desempenho do

empreendimento é avaliado principalmente pelo cumprimento de tarefas individuais. Esse modelo, amplamente difundido, prioriza a execução das atividades de conversão, isto é, aquelas que transformam insumos em produto, e tende a negligenciar a gestão integrada do fluxo produtivo.

Essa abordagem é criticada por Koskela (1992) ao destacar que grande parte das perdas na construção civil não ocorre durante a conversão propriamente dita, mas nas atividades que não agregam valor, como esperas, transportes desnecessários, inspeções excessivas e retrabalhos. A ausência de uma gestão eficaz desses fluxos resulta em sistemas produtivos instáveis, com elevado nível de variabilidade e baixa previsibilidade.

Em obras verticais, essas limitações tornam-se ainda mais evidentes. A execução por pavimentos sucessivos exige alto grau de coordenação entre equipes e atividades, de modo que atrasos ou falhas em uma etapa tendem a se propagar ao longo da edificação. Quando o sistema produtivo não é planejado de forma integrada, observa-se a ocorrência frequente de interrupções, conflitos entre frentes de trabalho e baixa terminalidade das etapas, comprometendo a qualidade final e os prazos de entrega. (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020)

Do ponto de vista da Engenharia de Produção, a eficiência de uma obra não se mede apenas pela produtividade pontual de cada equipe, mas pela capacidade do sistema de manter um fluxo de trabalho estável e coordenado ao longo do tempo (SLACK et al., 2018). Em ambientes com elevada repetitividade, como os sistemas construtivos industrializados, essa estabilidade depende diretamente de modelos de gestão capazes de reduzir a variabilidade e aumentar a confiabilidade do processo como um todo (KOSKELA, 1992; FORMOSO et al., 2015).

2.3 *Lean Construction*: fundamentos e princípios

A *LC* consiste na adaptação dos princípios da Produção Enxuta (*Lean Production*), originalmente desenvolvidos no Sistema Toyota de Produção, para o contexto da construção civil. Enquanto a *Lean Production* surgiu em ambientes industriais caracterizados por processos repetitivos, linhas de montagem e elevada padronização, a *Lean Construction* busca reinterpretar esses princípios considerando as particularidades da construção, como a variabilidade das condições de execução, a natureza temporária dos empreendimentos e a multiplicidade de agentes envolvidos no processo produtivo (KOSKELA, 1992).

O marco conceitual da *LC* é frequentemente atribuído aos trabalhos de Koskela (1992), que propôs uma mudança na forma de compreender a produção na construção civil. Segundo o autor, o modelo tradicional de gestão enxerga a produção predominantemente como um conjunto de atividades de transformação (*conversions*), desconsiderando os fluxos de materiais, informações e trabalho que conectam essas atividades. A abordagem *lean* amplia essa visão ao tratar a produção como a integração entre transformação, fluxo e geração de valor, enfatizando que a eficiência do sistema depende da gestão equilibrada desses três elementos.

Os autores Ballard e Howell (1998) reforçam essa abordagem ao destacar que, na construção civil, o planejamento tradicional costuma ser excessivamente determinístico, partindo do pressuposto de que todas as atividades ocorrerão conforme o previsto. Na prática, entretanto, a execução é constantemente afetada por incertezas relacionadas à disponibilidade de materiais, mão de obra, informações e condições de trabalho. A *LC* reconhece essa realidade e propõe mecanismos de planejamento e controle capazes de lidar com a incerteza de forma mais realista, aumentando a confiabilidade dos compromissos assumidos no curto prazo.

Entre os princípios fundamentais da *Lean Construction* destacam-se a identificação e eliminação sistemática de desperdícios, a maximização do valor percebido pelo cliente, a redução da variabilidade dos processos, o aumento da transparência e da comunicação e a busca pela melhoria contínua. Diferentemente de abordagens tradicionais, esses princípios não se limitam à aplicação de ferramentas específicas, mas orientam a forma como o sistema produtivo é concebido, planejado e gerenciado ao longo de todo o empreendimento (PICCHI; GRANJA, 2004).

No contexto de obras verticais, caracterizadas pela repetitividade dos pavimentos e pela padronização dos métodos executivos, a *Lean Construction* apresenta elevado potencial de aplicação. A repetição sistemática das atividades cria condições favoráveis para a estabilização do fluxo produtivo, a definição de ciclos de trabalho previsíveis e a identificação contínua de oportunidades de melhoria. Nesses ambientes, a eficiência do sistema depende menos do desempenho pontual de equipes isoladas e mais da coordenação entre frentes de trabalho, da terminalidade das etapas e da regularidade do avanço entre pavimentos. (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020)

Estudos mais recentes reforçam que os benefícios da *Lean Construction* estão diretamente associados ao grau de integração entre seus princípios e o sistema de gestão adotado na obra. A adoção fragmentada de ferramentas, sem mudança efetiva na lógica de

planejamento e controle, tende a produzir resultados limitados ou de curta duração. Por outro lado, quando os princípios lean são incorporados de forma disciplinada à gestão da produção, observam-se avanços na previsibilidade do processo, na qualidade dos serviços e na redução de retrabalhos, ainda que esses ganhos dependam de maturidade gerencial, constância de acompanhamento e aprendizado organizacional (KOSKELA et al., 2019; SACKS et al., 2020).

Em termos práticos, a proposta lean desloca o foco da simples medição de volumes executados para a organização do fluxo de trabalho. Isso significa planejar as frentes de serviço de modo que materiais, informações, equipamentos e equipes estejam disponíveis no momento certo, reduzindo esperas, improvisações e retrabalhos que normalmente passam despercebidos quando a gestão considera apenas o resultado final da atividade.

Em síntese, a Lean Construction representa um modelo de gestão da produção voltado ao alinhamento entre custo, prazo e qualidade, tendo como base a estabilização do sistema produtivo, a redução de desperdícios e a melhoria contínua. Para a Engenharia de Produção, essa abordagem oferece um referencial consistente para interpretar obras como sistemas produtivos complexos, nos quais desempenho global, confiabilidade do planejamento e coordenação do fluxo são tão relevantes quanto a execução física das atividades.

2.4 Ferramentas e práticas da *Lean Construction* aplicadas à produção

A aplicação da *LC* na construção civil ocorre, na prática, por meio de um conjunto de ferramentas e práticas gerenciais que visam operacionalizar seus princípios fundamentais. Entretanto, a literatura ressalta que o desempenho alcançado não depende da adoção isolada dessas ferramentas, mas da forma como elas são integradas ao sistema de gestão da produção e alinhadas aos objetivos do empreendimento (BALLARD; HOWELL, 2003; KOSKELA et al., 2019).

Diferentemente de abordagens tradicionais, nas quais o planejamento é tratado como uma etapa inicial e pouco revisitada ao longo da obra, a *LC* propõe um processo contínuo de planejamento, controle e aprendizagem. Nesse contexto, as ferramentas *lean* não devem ser compreendidas como soluções prontas, mas como mecanismos de apoio à tomada de decisão, à coordenação entre equipes e à estabilização do fluxo produtivo.

Entre as práticas mais relevantes para o presente estudo destacam-se o planejamento colaborativo, o controle de restrições, a gestão visual da produção e a busca pela estabilidade do fluxo entre pavimentos. Essas práticas atuam de forma integrada e têm como objetivo

comum aumentar a confiabilidade do processo produtivo, reduzir a variabilidade e melhorar a terminalidade das etapas. No caso analisado, tais práticas são tratadas menos como um conjunto de ferramentas isoladas e mais como mecanismos gerenciais de coordenação do sistema de produção.

2.4.1 Planejamento colaborativo e confiabilidade da produção

O planejamento colaborativo constitui um dos pilares da Lean Construction e representa uma ruptura com os modelos tradicionais de planejamento centralizado. Em vez de elaborar cronogramas detalhados de forma isolada, essa abordagem envolve os diferentes agentes da produção — engenheiros, mestres de obras, encarregados e equipes — na definição das atividades e compromissos de curto prazo. (BALLARD, 2000; BALLARD; HOWELL, 2003)

É destacado que, na construção civil, o principal problema do planejamento tradicional não está na falta de planos, mas na baixa confiabilidade desses planos (BALLARD e HOWELL, 1998). Atividades frequentemente deixam de ser executadas conforme o previsto devido à ausência de materiais, mão de obra, informações ou condições adequadas de trabalho. O planejamento colaborativo busca enfrentar esse problema ao alinhar expectativas, explicitar dependências entre atividades e promover maior comprometimento das equipes com os prazos estabelecidos.

Nesse modelo, o foco desloca-se do cumprimento rígido de cronogramas de longo prazo para a confiabilidade das tarefas planejadas no curto prazo. A avaliação sistemática do cumprimento dessas tarefas permite identificar causas recorrentes de falhas no planejamento, favorecendo a aprendizagem organizacional e a melhoria contínua do sistema produtivo. Para a Engenharia de Produção, esse deslocamento é relevante porque aproxima o planejamento do comportamento real do sistema, reduzindo a distância entre o plano formal e a capacidade efetiva de execução.

2.4.2 Controle de restrições e terminalidade das etapas

O controle de restrições é uma prática utilizada no planejamento para identificar e eliminar previamente todos os fatores que possam impedir o início ou a continuidade de uma atividade. Essas restrições podem estar relacionadas à falta de materiais, ausência de projetos atualizados, indisponibilidade de mão de obra ou equipamentos, liberação de serviços

anteriores, entre outros. A análise de restrições consiste, portanto, em verificar antecipadamente se todas as condições necessárias para a execução de uma atividade estão atendidas antes de programá-la no cronograma de curto prazo.

Na lógica *lean*, uma atividade só deve ser programada para execução quando todas as suas restrições tiverem sido identificadas e removidas previamente. Essa prática contribui para reduzir interrupções durante a execução, minimizar retrabalhos e aumentar a previsibilidade do fluxo produtivo (BALLARD; HOWELL, 2003).

Em obras verticais, o controle inadequado de restrições tende a gerar efeitos cumulativos ao longo dos pavimentos, uma vez que falhas em uma etapa comprometem as etapas subsequentes. A adoção sistemática do controle de restrições favorece maior terminalidade das atividades, evitando a propagação de problemas ao longo da edificação e contribuindo para a estabilidade do avanço entre pavimentos.

Nesse contexto, o termo terminalidade é utilizado para indicar que uma etapa foi efetivamente concluída e liberada para a próxima, sem pendências impeditivas, correções posteriores ou necessidade de retorno da equipe. Já as restrições correspondem aos impedimentos que bloqueiam a execução planejada, como ausência de material, incompatibilidades entre serviços, falta de informação de projeto ou indisponibilidade de mão de obra. A compreensão desses conceitos é central para interpretar os resultados discutidos adiante.

2.4.3 Gestão visual da produção

A gestão visual consiste na utilização de recursos gráficos e visuais para tornar o estado do sistema produtivo facilmente compreensível por todos os envolvidos na obra. Quadros de planejamento, indicadores de desempenho, sinalizações no canteiro e painéis de acompanhamento são exemplos de instrumentos que permitem visualizar o andamento das atividades, os desvios em relação ao planejado e as prioridades de curto prazo. (TEZEL et al., 2020)

Segundo Koskela et al. (2019), a transparência das informações é um elemento-chave para a melhoria do desempenho produtivo, pois reduz a dependência de comunicações informais e facilita a coordenação entre equipes. Ao tornar visíveis os objetivos, os compromissos assumidos e os resultados alcançados, a gestão visual contribui para alinhar esforços e promover maior engajamento das equipes.

No contexto analisado neste trabalho, a gestão visual atua como suporte ao planejamento colaborativo e ao controle de restrições, permitindo que problemas sejam identificados de forma mais rápida e tratados antes de impactarem significativamente o fluxo de produção.

2.4.4 Estabilidade do fluxo produtivo e repetitividade das atividades

A eficiência do sistema depende da regularidade do avanço das equipes entre pavimentos e da redução da variabilidade entre ciclos produtivos. A literatura aponta que a instabilidade do fluxo está diretamente associada a perdas de produtividade, aumento de retrabalhos e deterioração da qualidade final dos serviços (SACKS et al., 2020). A busca pela estabilidade envolve a padronização dos métodos executivos, a coordenação entre frentes de trabalho e a definição de ciclos de produção compatíveis com a capacidade real do sistema.

Ferramentas como o *takt time*¹ podem ser utilizadas como apoio à definição do ritmo de produção, desde que aplicadas de forma compatível com as condições do canteiro e integradas ao planejamento colaborativo. Contudo, mais importante do que a aplicação formal de ferramentas é a compreensão de que a estabilidade do fluxo resulta da coerência entre planejamento, execução e controle, e não da imposição de metas descoladas da realidade produtiva.

2.5 *Lean Construction* em obras verticalizadas e sistemas repetitivos

A aplicação da *Lean Construction* apresenta particular relevância em empreendimentos caracterizados pela repetitividade dos processos construtivos, como obras verticalizadas executadas com sistemas industrializados. A repetição sistemática das atividades ao longo dos pavimentos cria condições favoráveis para a padronização dos métodos executivos, a estabilização do fluxo produtivo e a identificação contínua de oportunidades de melhoria. (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020)

Em edificações verticais, o avanço da produção ocorre de forma sequencial entre pavimentos, o que torna o desempenho do sistema altamente dependente da regularidade e da coordenação entre equipes. Pequenas variações na execução de uma etapa tendem a se

¹ *Takt time*: conceito originado da Produção Enxuta que representa o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cliente, calculado a partir da relação entre o tempo disponível e a quantidade demandada. Na construção civil, o *takt time* é utilizado como referência para organizar o fluxo de equipes e atividades, respeitando as restrições e a variabilidade do sistema produtivo (KOSKELA, 2000; SACKS et al., 2020).

propagar ao longo da edificação, comprometendo prazos, qualidade e custos. Dessa forma, a eficiência do sistema não está associada apenas à produtividade pontual das equipes, mas à capacidade de manter um fluxo de produção estável e previsível ao longo do tempo (FORMOSO et al., 2015).

Sistemas construtivos repetitivos, como o de paredes de concreto moldadas *in loco*, apresentam elevado potencial para a aplicação dos princípios *lean*. A padronização geométrica dos pavimentos e a repetição das etapas de execução permitem maior controle sobre as variáveis do processo, facilitando a definição de ciclos produtivos regulares e a redução da variabilidade entre frentes de trabalho. Nesse tipo de sistema, práticas como planejamento colaborativo, controle de restrições e gestão visual contribuem diretamente para o aumento da terminalidade das etapas e para a previsibilidade do avanço da obra (PICCHI; GRANJA, 2004; VIEIRA; SILVA NETO; GOLIATH, 2024).

No contexto brasileiro, pesquisas recentes apontam que a adoção estruturada da *Lean Construction* em obras verticalizadas tem resultado em ganhos significativos de desempenho, incluindo redução de retrabalhos, melhoria da organização do canteiro e maior confiabilidade no cumprimento dos prazos. Entretanto, esses benefícios estão fortemente associados ao grau de integração das práticas *lean* ao sistema de gestão da produção, e não à aplicação pontual de ferramentas isoladas (LOSITO, 2025; SOUSA; MÜLLER, 2022).

Outro aspecto relevante em obras repetitivas é a importância da estabilidade do fluxo entre pavimentos. A literatura destaca que a regularidade do avanço produtivo depende da sincronização entre equipes e da eliminação de interrupções causadas por falhas de planejamento ou restrições não tratadas previamente. Nesse sentido, a *Lean Construction* propõe substituir a lógica de aceleração pontual da produção por uma abordagem orientada à consistência e à previsibilidade do sistema, mesmo que isso implique reduzir picos momentâneos de produtividade (SACKS et al., 2020).

Assim, em empreendimentos verticais com sistemas construtivos industrializados, a *Lean Construction* se apresenta como um modelo de gestão da produção capaz de transformar a repetitividade — frequentemente associada à monotonia e à propagação de erros — em um fator estratégico para o aprendizado organizacional e a melhoria contínua. Ao promover a estabilização do fluxo, a redução da variabilidade e a maior integração entre planejamento e execução, essa abordagem oferece um referencial consistente para a análise comparativa proposta neste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso comparativo, de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa aplicada foi adotada por ter como objetivo analisar um problema real de gestão da produção em obras de edificações verticais, buscando gerar conhecimento passível de aplicação prática no contexto da construção civil.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter descritivo e analítico. É descritiva por registrar e caracterizar os modelos de gestão da produção adotados nas duas torres habitacionais analisadas e analítica por avaliar os efeitos desses modelos sobre o desempenho produtivo, considerando aspectos relacionados à qualidade dos serviços, à terminalidade das etapas e à previsibilidade do fluxo de produção (GIL, 2019; YIN, 2018).

A abordagem qualitativa foi empregada para compreender aspectos organizacionais e gerenciais do processo produtivo, tais como práticas de planejamento, coordenação entre equipes e organização do canteiro. A abordagem quantitativa, por sua vez, foi utilizada de forma descritivo-comparativa na análise de indicadores operacionais relacionados ao desempenho da produção, permitindo confrontar registros de planejamento, evidências de campo e controles internos da obra.

3.2 Delineamento do estudo de caso

O delineamento metodológico adotado corresponde a um estudo de caso único com unidades de análise múltiplas, conforme a classificação proposta por Yin (2018). O estudo foi realizado em um empreendimento residencial composto por duas torres habitacionais idênticas, executadas no mesmo canteiro de obras.

As duas torres apresentam projetos arquitetônico, estrutural e executivo iguais, utilizam o mesmo sistema construtivo, contam com equipes de trabalho semelhantes e foram executadas sob as mesmas condições ambientais e organizacionais. A principal diferença entre elas reside no modelo de gestão da produção adotado.

A Torre 1 foi executada sob um modelo tradicional de gestão, caracterizado por planejamento centralizado e controle predominantemente reativo. Já a Torre 2 teve sua produção orientada pelos princípios da LC, com adoção estruturada de práticas voltadas ao

planejamento colaborativo, ao controle de restrições, à gestão visual e à busca pela estabilidade do fluxo produtivo (SACKS et al., 2020; FORMOSO et al., 2015).

As atividades de pesquisa e coleta de dados foram realizadas no período de setembro a dezembro de 2025. O início do estudo contou com uma imersão presencial de uma semana no canteiro de obras, com o objetivo de compreender os processos produtivos, a organização das equipes e a dinâmica operacional do empreendimento. Após essa etapa inicial, foi realizado acompanhamento sistemático semanal das atividades produtivas, do avanço físico e das rotinas de planejamento e controle.

A unidade principal de análise foi o sistema de gestão da produção adotado em cada torre. Como unidades observacionais secundárias, consideraram-se os pavimentos, os ciclos executivos, as frentes de trabalho e as ocorrências de restrições, retrabalhos e pendências de terminalidade identificadas durante o acompanhamento.

Essa configuração metodológica permitiu reduzir interferências externas e isolar, de forma mais consistente, o impacto do modelo de gestão sobre o desempenho produtivo. Ainda assim, por se tratar de um estudo de caso em contexto real de obra, não se elimina completamente a influência de fatores como aprendizagem acumulada das equipes, ajustes gerenciais ao longo do tempo e especificidades do recorte observado.

3.3 Caracterização do empreendimento e do sistema construtivo

O empreendimento analisado consiste em um conjunto habitacional vertical executado por meio do sistema construtivo de paredes de concreto moldadas in loco. Esse sistema caracteriza-se pela elevada repetitividade dos processos, pela padronização geométrica dos pavimentos e pela execução sequencial das etapas construtivas, características típicas de sistemas produtivos repetitivos, conforme discutido anteriormente no Capítulo 2.

A escolha desse sistema construtivo justifica-se por sua forte aderência à análise proposta neste trabalho. A repetição sistemática das atividades ao longo dos pavimentos favorece a observação do comportamento do fluxo produtivo, da conclusão das etapas e da propagação de falhas ou melhorias ao longo da obra. Além disso, a padronização dos métodos executivos reduz a influência de variáveis externas, permitindo maior foco na avaliação dos efeitos do modelo de gestão adotado. (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020)

3.4 Procedimentos de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada diretamente no canteiro de obras, ao longo da execução das duas torres, no período de setembro a dezembro de 2025. O trabalho de campo combinou uma semana de imersão presencial no canteiro com o acompanhamento semanal, durante seis semanas, das reuniões de planejamento e controle da produção. Foram utilizadas múltiplas fontes de evidência, conforme recomendado para estudos de caso (YIN, 2018), incluindo observação direta das atividades, registros fotográficos, análise documental e levantamento de indicadores operacionais acompanhados pela equipe técnica.

A observação direta permitiu acompanhar a execução das etapas construtivas, identificar interrupções, retrabalhos, falhas de terminalidade e interferências entre frentes de trabalho. Os registros fotográficos foram utilizados como evidência visual das condições de execução, da organização do canteiro e de ocorrências representativas observadas durante o período de análise.

A análise documental envolveu cronogramas, planos de curto prazo, registros de planejamento semanal, relatórios internos, controles de produção e documentos de acompanhamento utilizados pela engenharia da obra, incluindo as medições semanais de conclusão registradas no aplicativo *Prevision*². A combinação entre essas fontes permitiu triangulação entre o avanço físico programado, o avanço efetivamente observado em campo e os registros gerados pela equipe de obra.

De forma operacional, a coleta de dados foi estruturada em quatro movimentos: (i) levantamento e leitura dos documentos de planejamento e controle da obra; (ii) visitas técnicas aos apartamentos e pavimentos para conferência do estágio real de execução, da terminalidade dos serviços e das interferências entre equipes; (iii) registro sistemático das observações por meio de notas de campo e fotografias; e (iv) consolidação das informações em comparativos entre o previsto e o executado. Essa organização permitiu confrontar a lógica formal de planejamento com a realidade observada no canteiro.

Além da observação direta, foram verificadas evidências relacionadas à regularidade do avanço físico entre pavimentos, à presença de retrabalhos, à organização do canteiro e ao uso de práticas de gestão visual. O acompanhamento em campo buscou registrar não apenas a ocorrência dos problemas, mas também seus efeitos sobre a continuidade do fluxo produtivo e sobre a confiabilidade das programações semanais.

3.5 Procedimentos de análise dos dados

Os dados coletados foram analisados de forma comparativa entre as duas torres, com o objetivo de identificar diferenças de desempenho associadas aos modelos de gestão da produção adotados.

² Aplicativo de planejamento, acompanhamento e gestão de obras implementado durante o estudo.

A análise qualitativa baseou-se em observações sistemáticas de campo, anotações técnicas realizadas durante as visitas ao canteiro de obras, registros fotográficos e percepções coletadas em conversas técnicas e nas reuniões semanais de acompanhamento com a equipe de engenharia. Essa abordagem permitiu compreender o contexto operacional da obra, as práticas gerenciais adotadas e a forma como planejamento e execução se articulavam em cada torre.

Já na etapa quantitativa, a análise foi realizada de forma descritiva, a partir de dados consolidados de documentos existentes da obra, como registros de planejamento semanal, cronogramas, controles internos da produção e indicadores acompanhados pela equipe técnica. Para fins analíticos, adotaram-se os seguintes critérios: terminalidade, entendida como a conclusão de uma etapa sem pendências impeditivas para a etapa seguinte, conforme medição semanal registrada no *Prevision*; regularidade do fluxo, entendida como a constância do avanço entre pavimentos e a menor dispersão observável dos ciclos; retrabalho, entendido como a necessidade de retorno a um serviço anteriormente dado como concluído; previsibilidade, entendida como a aderência entre o programado e o executado nos registros de curto prazo; e qualidade, entendida como a presença ou ausência de evidências de não conformidades e interferências identificadas em campo.

Os resultados foram interpretados à luz dos princípios da Lean Construction apresentados no referencial teórico, buscando compreender de que forma a adoção de práticas estruturadas de gestão da produção influenciou o comportamento do sistema produtivo. Por se tratar de estudo de caso, as conclusões possuem caráter analítico e interpretativo, sem pretensão de inferência estatística para além do contexto investigado.

No tratamento quantitativo, a comparação entre as torres considerou, sempre que possível, a correspondência entre o avanço físico programado, o avanço efetivamente observado e os registros gerados pela equipe de obra. Esse procedimento também subsidiou a leitura da Curva S apresentada na seção de resultados, utilizada como síntese visual do acompanhamento proposto neste estudo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora ambas as torres utilizassem o mesmo sistema construtivo, os mesmos projetos e equipes com perfis semelhantes, identificou-se, ao longo da execução, evidências consistentes de diferenças no comportamento do sistema produtivo, especialmente no que se refere à regularidade do fluxo, à terminalidade das etapas e à qualidade dos serviços executados.

Na Torre 1, conduzida sob um modelo tradicional de gestão, o processo produtivo apresentou interrupções frequentes, retrabalhos recorrentes e baixa previsibilidade do avanço entre pavimentos. As atividades eram, em diversos momentos, iniciadas sem a completa remoção de restrições, o que resultava em paralisações durante a execução e na necessidade de retornos posteriores para correções. Esse cenário contribuiu para a propagação de falhas ao longo dos pavimentos, comprometendo a consistência do fluxo produtivo.

As ocorrências de retrabalho e as interrupções observadas na Torre 1 (Figura 1) estiveram associadas a um conjunto de fatores operacionais identificados durante o acompanhamento de campo. Destacam-se a movimentação inadequada de materiais sobre áreas já executadas, a realização de correções estruturais tardias com o uso de marteletes — cuja vibração comprometeu a integridade do contrapiso recém-executado — e a ausência de uma coordenação mais eficaz entre frentes de trabalho. Esses fatores evidenciam falhas no planejamento e no controle das atividades, que resultaram no início de serviços sem a completa remoção de restrições e na consequente necessidade de retrabalhos posteriores.

Ressalta-se que todas as figuras apresentadas neste trabalho são de autoria própria do autor.



Figura 1 — Retrabalho no contrapiso T1.

Em contrapartida, a Torre 2, orientada pelos princípios da Lean Construction, apresentou comportamento distinto. Identificaram-se maior organização do canteiro, melhor coordenação entre as equipes e maior consistência na execução das etapas. O avanço da produção ocorreu de forma mais previsível, com menor ocorrência de interrupções e maior terminalidade das atividades ao final de cada ciclo produtivo.

Essas diferenças iniciais sugerem que o modelo de gestão da produção exerceu papel relevante no desempenho global do sistema, ainda que, em contexto real de obra, essa interpretação deva ser lida em conjunto com possíveis efeitos de aprendizagem acumulada e maturação gerencial ao longo da execução.

As diferenças observadas entre as torres não se restringiram à percepção qualitativa do processo produtivo. Elas também apareceram em evidências operacionais acompanhadas ao longo da execução, como regularidade do avanço entre pavimentos, ocorrência de retrabalhos, aderência ao planejamento de curto prazo e grau de terminalidade das etapas.

Um dos aspectos mais evidentes na comparação entre as torres foi o grau de finalização das etapas produtivas. Na Torre 1, diversas atividades eram consideradas “concluídas” sob o ponto de vista do cronograma, embora apresentassem pendências de execução ou de qualidade. Na prática, isso indica que etapas liberadas formalmente ainda demandavam retorno de equipes, correções ou ajustes posteriores.

Esse comportamento resultou em um ciclo produtivo instável, no qual falhas de execução se acumulavam ao longo dos pavimentos. A ausência de um processo sistemático de identificação e tratamento de restrições favoreceu o início de atividades sem condições adequadas de execução, comprometendo tanto a qualidade final quanto a previsibilidade do fluxo produtivo — comportamento coerente com as implicações teóricas discutidas na seção 2.4.2.

Na Torre 2, a adoção de práticas estruturadas de planejamento contribuiu para melhorar a terminalidade. A análise prévia das restrições, considerando fatores relacionados a mão de obra, materiais, métodos, máquinas, meio ambiente e medidas — os “6Ms” (Figura 2) — permitiu que as atividades fossem iniciadas com maior preparo prévio. Na primeira reunião acompanhada (Figura 3), por exemplo, foram identificadas 31 restrições, cada uma vinculada a plano de ação, responsável e prazo definidos, o que ajudou a reduzir a necessidade de retornos posteriores e favoreceu maior continuidade do fluxo produtivo entre pavimentos.



Figura 2 — Quadro de análise de restrições 6M.



Figura 3 — Reunião de curto prazo com metas diárias.

Essas evidências são coerentes com a literatura que destaca a terminalidade como elemento central para a estabilidade do sistema produtivo, especialmente em ambientes caracterizados pela repetitividade das atividades.

A análise da estabilidade do fluxo produtivo revelou diferenças relevantes entre os dois modelos de gestão. Na Torre 1, o avanço entre pavimentos ocorreu de forma irregular (Figura 4), com variações significativas na duração das etapas e interrupções decorrentes de falhas de planejamento, indisponibilidade de recursos ou conflitos entre equipes, conforme discutem Sacks et al. (2020) e Formoso et al. (2015).

Essa instabilidade dificultou a coordenação das frentes de trabalho e aumentou a variabilidade do sistema, impactando negativamente a previsibilidade da produção. Mesmo quando houve esforços pontuais para acelerar determinadas atividades, os ganhos obtidos não se sustentaram ao longo do tempo, uma vez que o sistema produtivo permanecia desbalanceado.



Figura 4 — Drywall sem terminalidade T1.

Na Torre 2, a organização do planejamento permitiu maior regularidade no avanço entre pavimentos (Figura 5). A definição de seqüências de trabalho mais claras e a coordenação entre equipes contribuíram para reduzir sobreposições indevidas e gargalos recorrentes. A utilização da Linha de Balanço como ferramenta de visualização do fluxo produtivo possibilitou identificar desvios, ajustar ritmos de execução e promover maior previsibilidade do avanço da obra (Figura 6).

A comparação entre as torres também evidenciou diferenças operacionais na regularidade dos ciclos produtivos entre pavimentos. Na Torre 1, os registros técnicos e as observações de campo apontaram tempo médio de ciclo em torno de 7 dias por pavimento, com elevada variabilidade ao longo da execução. Na Torre 2, após a adoção estruturada das práticas de gestão alinhadas à Lean Construction, esses mesmos registros indicaram ciclo médio em torno de 5 dias por pavimento, com menor dispersão observável entre os ciclos e maior regularidade do avanço produtivo. Trata-se de uma estimativa operacional descritiva, coerente com os documentos de obra e com as observações realizadas, e não de uma medição estatística inferencial.



Figura 5 — Drywall finalizado T2.

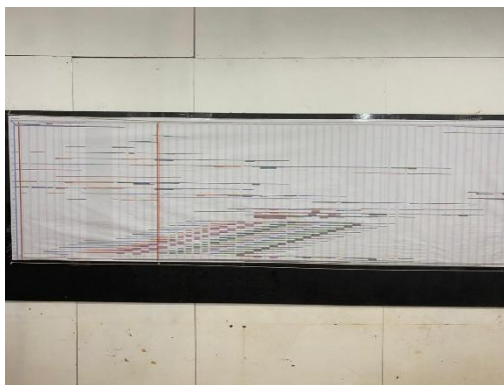


Figura 6 — Linha de Balanço à vista T2.

Outro aspecto identificado na análise foi a relação entre a organização do canteiro e a qualidade dos serviços executados. Na Torre 1, a disposição de materiais, ferramentas e equipamentos mostrou-se menos estruturada, resultando em deslocamentos desnecessários, perda de tempo e maior exposição a interferências de execução (Figura 7).

Na Torre 2, a organização do canteiro apresentou melhorias visíveis, com definição mais clara das áreas de armazenamento, circulação e execução (Figura 8). Essa organização contribuiu para reduzir interferências entre atividades, facilitar o acesso aos recursos necessários e criar condições mais favoráveis à qualidade dos serviços e ao desempenho das equipes.

Além disso, a maior transparência das informações relacionadas ao planejamento e ao andamento das atividades favoreceu a comunicação entre os envolvidos, reduzindo ambiguidades e retrabalhos decorrentes de falhas de alinhamento.



Figura 7 — Canteiro antes da implantação Lean.



Figura 8 — Canteiro após Implantação Lean.

O comportamento observado na Torre 1 é característico de obras conduzidas sob gestão fragmentada: sem mecanismos sistemáticos de antecipação de restrições, as equipes frequentemente iniciavam atividades sem as condições necessárias, acumulando pendências que se propagavam pavimento a pavimento. O resultado foi um fluxo irregular, com baixa terminalidade e retrabalhos recorrentes que comprometeram tanto a qualidade quanto a previsibilidade do avanço. Esse padrão é compatível com a interpretação de Koskela (1992) de que parte relevante das perdas na construção decorre das interrupções, esperas e correções produzidas por um sistema de gestão pouco orientado ao fluxo.

A Torre 2 apresentou trajetória distinta. A integração entre planejamento colaborativo, controle de restrições e gestão visual criou condições para que as atividades fossem executadas com maior consistência, reduzindo interrupções e promovendo avanço mais regular entre pavimentos. Esse comportamento está alinhado ao que Ballard e Howell (1998) apontam sobre o papel do planejamento confiável na estabilização do sistema produtivo: quando os compromissos assumidos no curto prazo são cumpridos com maior regularidade, o fluxo tende a se tornar mais previsível.

Observa-se nessa comparação que as melhorias observadas não vieram de mudanças no projeto, no sistema construtivo ou nas equipes de referência — as condições gerais eram comparáveis nas duas torres. A diferença mais evidente estava na forma de gerir a produção. Entretanto, por se tratar de ambiente real de obra, não é possível dissociar integralmente o efeito do modelo de gestão de fatores como aprendizagem acumulada entre as torres, amadurecimento das lideranças e ajustes operacionais ocorridos ao longo da execução.

Essa diferença de abordagem foi traduzida, no estudo, em um exercício analítico de sensibilidade voltado a dimensionar o impacto potencial da redução do ciclo médio por pavimento. Adotaram-se, para esse exercício, as seguintes premissas simplificadoras: (i) macrofluxo executivo composto por 22 ciclos de atividades em 14 pavimentos; (ii) progressão

em efeito cascata, na qual a etapa inicia no pavimento seguinte após a conclusão do pavimento anterior; (iii) tempo médio de ciclo de aproximadamente 7 dias para a Torre 1 e de 5 dias para a Torre 2; e (iv) custo indireto mensal aproximado de R\$ 800.000,00, baseado em referência interna real do empreendimento. Sob essas premissas, estimou-se potencial redução de cerca de 3,3 meses no prazo global e impacto da ordem de R\$ 2,64 milhões em custos indiretos.

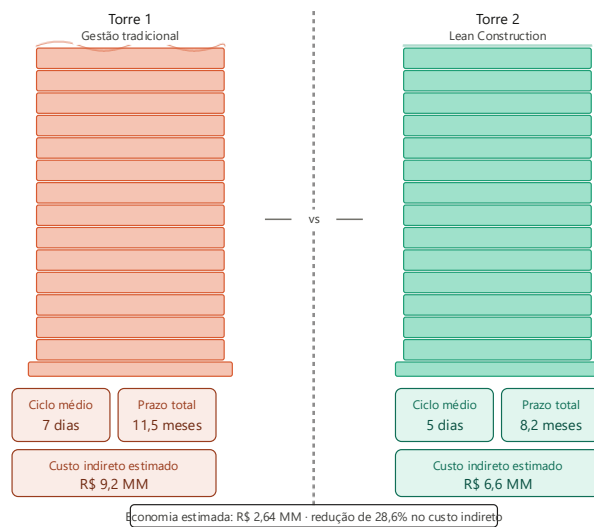


Figura 9 — Comparativo do fluxo produtivo entre Torre 1 (gestão tradicional) e Torre 2 (Lean Construction).

É importante destacar que essa estimativa tem caráter ilustrativo e não corresponde a uma apuração contábil ex post. Trata-se de um exercício simplificado, baseado nos parâmetros do empreendimento estudado, que não incorpora todas as sobreposições possíveis entre atividades, variações de ritmo ao longo da obra, sazonalidades ou efeitos financeiros mais amplos. Seu propósito é demonstrar a sensibilidade do prazo e do custo indireto a pequenas reduções no ciclo por pavimento, e não estabelecer uma relação causal fechada entre a adoção da Lean Construction e o resultado econômico final do empreendimento.

Como complemento à comparação entre os fluxos produtivos das duas torres, a Curva S foi utilizada para sintetizar o comportamento do avanço físico da obra ao longo do período analisado. A leitura conjunta das curvas de base, previsto e realizado permite visualizar, de forma agregada, o efeito das rotinas de acompanhamento implementadas no estudo sobre a aderência do processo executivo ao planejamento.

No contexto desta pesquisa, a Curva S (Figura 10) não foi tratada apenas como gráfico de controle, mas como resultado da sistematização das informações coletadas em campo e dos documentos de planejamento. Sua elaboração tornou possível evidenciar o distanciamento entre o desempenho esperado e o desempenho efetivamente alcançado, reforçando a

importância de mecanismos contínuos de medição, comparação e correção para a gestão da produção em obras verticalizadas.

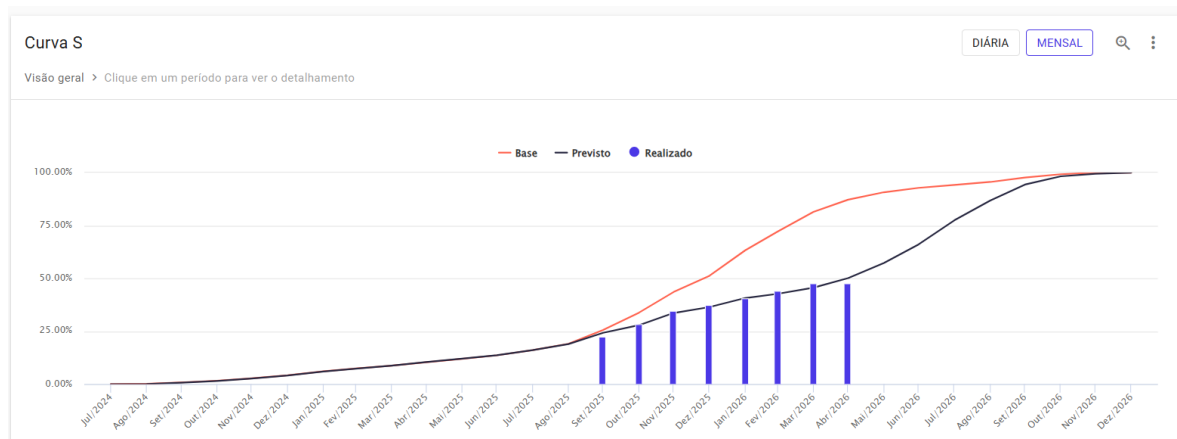


Figura 10 — Curva S do empreendimento, comparando linha de base, previsto e realizado.

Observa-se, portanto, que a Curva S amplia a capacidade de leitura do desempenho da obra ao transformar dados dispersos de campo em uma síntese consolidada do avanço físico. Seu uso, entretanto, não substitui a análise das causas operacionais dos desvios; funciona, antes, como instrumento de apoio à tomada de decisão e à identificação tempestiva de problemas no sistema produtivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada permitiu observar, no caso estudado, como escolhas gerenciais influenciam a estabilidade do fluxo produtivo, a terminalidade das etapas e a qualidade dos serviços executados (SACKS et al., 2020; FORMOSO et al., 2015).

Na torre conduzida sob modelo tradicional de gestão, predominou uma postura reativa diante dos problemas do canteiro: atrasos, retrabalhos e falhas de qualidade eram tratados após sua ocorrência, sem mecanismos estruturados de antecipação. Esse resultado comprometeu a continuidade do fluxo produtivo e tornou o planejamento menos confiável ao longo da execução, resultado consistente com o que a literatura descreve para sistemas produtivos orientados ao controle fragmentado de atividades (KOSKELA, 1992; BALLARD; HOWELL, 1998).

Já na Torre 2, a adoção estruturada de práticas alinhadas à Lean Construction esteve associada a desempenho mais estável. O planejamento colaborativo, o controle sistemático de restrições e a organização do canteiro contribuíram para maior terminalidade, redução de interferências entre frentes de trabalho e melhoria da previsibilidade do processo produtivo. No caso analisado, os resultados sugerem que a eficiência global da obra depende menos de esforços pontuais de aceleração e mais da coordenação consistente entre as atividades (FORMOSO et al., 2015; SACKS et al., 2020).

Esse contraste indica que os ganhos associados à Lean Construction, no contexto investigado, não decorrem da aplicação isolada de ferramentas, mas da mudança na lógica de gestão da produção. A ênfase na estabilidade do fluxo, na antecipação de restrições e no alinhamento entre planejamento e execução mostrou-se relevante para a melhoria do desempenho produtivo, especialmente em ambientes caracterizados pela repetitividade, como obras verticalizadas com sistemas industrializados.

Como contribuição, este estudo reforça a aplicabilidade da Lean Construction no contexto da construção civil brasileira e demonstra que seus princípios podem gerar ganhos concretos de desempenho quando incorporados de forma estruturada ao sistema de gestão da obra. Embora os resultados estejam associados a um empreendimento específico, as características do sistema construtivo e dos problemas analisados são recorrentes em outros empreendimentos verticais, o que confere relevância prática às evidências apresentadas (VIEIRA; SILVA NETO; GOLIATH, 2024; LOSITO, 2025).

Por fim, a melhoria do desempenho produtivo na construção civil exige mais do que a adoção pontual de técnicas ou ferramentas gerenciais. Requer mudança de postura na forma

de planejar, coordenar e controlar a produção, com foco na estabilidade do sistema e na geração consistente de valor. Nesse sentido, a Lean Construction, em diálogo com os princípios da Engenharia de Produção, apresenta-se como referencial sólido para a evolução dos modelos de gestão da produção em obras verticais.

6 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Como todo estudo de caso, esta pesquisa apresenta limitações quanto à generalização dos resultados. Os achados refletem a realidade específica do empreendimento analisado e do contexto organizacional em que foi conduzido. A escolha de duas torres comparáveis, executadas no mesmo canteiro e com o mesmo sistema construtivo, aumenta a consistência da comparação, mas não autoriza generalizações estatísticas para outros contextos.

O período de acompanhamento cobriu apenas parte da execução das torres, o que limita a avaliação dos efeitos da abordagem lean sobre fases não monitoradas da obra. Além disso, como a Torre 2 foi observada após a consolidação de parte da experiência operacional do empreendimento, não é possível eliminar completamente a influência de aprendizagem acumulada das equipes, amadurecimento das lideranças e ajustes de rotina que naturalmente ocorrem ao longo do tempo.

Outra limitação relevante diz respeito às evidências quantitativas utilizadas. A análise concentrou-se em indicadores operacionais e registros internos da obra, interpretados de forma descritiva e triangulados com observações de campo, sem aplicação de testes estatísticos ou mensuração econômico-financeira ex post. A estimativa de impacto em prazo e custo indireto apresentada no Capítulo 4 deve, portanto, ser lida como exercício analítico simplificado, útil para dimensionar sensibilidade gerencial. O custo indireto mensal adotado como premissa corresponde a valor aproximado baseado em referência interna real do empreendimento, e não a apuração contábil final.

Por fim, as práticas adotadas na Torre 2 — LPS, análise de restrições pelo método 6M, gestão visual e maior organização do canteiro — representam um recorte específico da abordagem lean e não esgotam o repertório disponível. Pesquisas futuras podem ampliar a base empírica do tema por meio da replicação do estudo em outros empreendimentos, da incorporação de indicadores quantitativos mais robustos, do acompanhamento integral do ciclo da obra e da análise de ferramentas complementares, como takt time planning, PPC e indicadores de perdas e produtividade.

REFERÊNCIAS

- BALLARD, G. The Last Planner System of Production Control. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — School of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 124, n. 1, p. 11-17, 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean project management. *Building Research & Information*, v. 31, n. 2, p. 119-133, 2003.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Indicadores da construção civil. Brasília: CBIC, 2022.
- FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios, conceitos e práticas. Porto Alegre: UFRGS, 2002.
- FORMOSO, C. T. et al. Lean Construction: princípios, práticas e implementação. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2015.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas nacionais: produto interno bruto. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), Stanford University, 1992. (CIFE Technical Report, n. 72).
- KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- KOSKELA, L. et al. The theory of project management: explanation to novel methods. *International Journal of Project Management*, v. 37, n. 2, p. 1-14, 2019.
- LOSITO, T. K. Lean Construction no planejamento e controle de empreendimentos Minha Casa Minha Vida. *Lumen et Virtus, São José dos Pinhais*, v. 16, n. 53, p. e9021, 2025. DOI: 10.56238/levv16n53-069. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/9021>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. Reinventing construction: a route to higher productivity. [S. l.]: McKinsey Global Institute, 2017.

- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. Construction sites: using lean principles to seek broader implementations. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Helsingør. Proceedings [...]. Helsingør: IGLC, 2004.
- SACKS, R. et al. Lean construction and digital transformation. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 146, n. 9, 2020.
- SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- SOUSA, P. R. de; MÜLLER, B. M. Desafios e barreiras do BIM e do Lean na construção civil brasileira. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, v. 16, n. 3, p. 181-198, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/pca/article/view/54259>. Acesso em: 10 mar. 2026.
- TEZEL, A. et al. Lean construction and BIM in small and medium-sized enterprises (SMEs) in construction: a systematic literature review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 47, n. 2, p. 186-201, 2020.
- VIEIRA, R. de O.; SILVA NETO, U. C.; GOLIATH, K. B. Revisão da literatura sobre Lean Construction e método construtivo de parede de concreto. *Colloquium Exactarum*, v. 16, 2024. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ce/article/view/4961>. Acesso em: 18 mar. 2026.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.