

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

Gustavo Fatoretto Riceto

**Integração entre os princípios Lean Construction e os Sistemas de Gestão da
Qualidade para Construtoras Residenciais no interior do Estado de São Paulo**

São Paulo

2026

GUSTAVO FATORETTO RICETO

**Integração entre os princípios Lean Construction e os Sistemas de Gestão da
Qualidade para Construtoras Residenciais no interior do Estado de São Paulo**

Versão Corrigida

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Especialista em
Gestão de Projetos na Construção

Orientador: Prof. MSc. Barbara Kelch
Monteiro

São Paulo

2026

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação

Riceto, Gustavo
INTEGRAÇÃO ENTRE OS PRINCÍPIOS LEAN CONSTRUCTION E OS
SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE PARA CONSTRUTORAS
RESIDENCIAIS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO / G. Riceto --
São Paulo, 2026.
165 p.

Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) - Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de
Construção Civil.

1.Lean Construction 2.Sistemas de Gestão da Qualidade 3.Gestão de
Obras 4.Planejamento na Construção Civil 5.Produtividade I.Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção
Civil II.t.

Este trabalho é uma homenagem a todos que, direta ou indiretamente, participaram do meu processo de evolução pessoal, profissional e acadêmica.

À minha família, que esteve ao meu lado com afeto, incentivo constante e compreensão nos momentos mais difíceis, oferecendo o suporte necessário para que eu não desistisse diante dos obstáculos. Dentre eles destaco meu avô Paulo Riceto, que faleceu ao longo do processo, mas sempre foi uma referência ética, humana e sempre evidenciou que a alegria de viver, levando a vida de forma plena e leve, é o segredo para combater as adversidades presente em nossa trajetória.

Aos meus amigos, que me apoiaram e compreenderam os momentos de priorização de meu aspecto acadêmico e profissional em virtude das oportunidades de estar em com eles.

Aos docentes, e dentre eles destaco a minha orientadora Barbara Kelch, que entenderam a correria de nossas vidas como engenheiros e confiaram no meu potencial mesmo quando eu questionava minhas próprias capacidades, expresso minha mais sincera gratidão por serem um dos pilares que sustentou cada etapa dessa caminhada.

Aos amigos e colegas de graduação, que se tornaram verdadeiros companheiros nessa jornada de aprendizado. O compartilhamento de ideias, debates, experiências e desafios contribuiu de forma decisiva para o meu amadurecimento e para a concretização das metas estabelecidas ao longo do curso.

Aos profissionais da área da construção civil que, com ética e disponibilidade, dividiram seus conhecimentos práticos e suas experiências, tornando este estudo mais consistente, realista e alinhado às demandas do setor.

Por fim, dedico esta conquista à minha trajetória profissional que está por vir, com o propósito de colocar em prática tudo o que foi aprendido e atuar de maneira responsável, colaborando para o desenvolvimento de uma construção civil mais produtiva, segura e comprometida com a qualidade e sustentabilidade dos empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio de pessoas fundamentais ao longo dessa trajetória. Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela oportunidade de alcançar mais essa etapa e pela presença constante em minha vida. Destaco, de forma especial, a importância da minha família, em especial meus pais e minha irmã, e aos meus amigos mais próximos que, com amor, compreensão e incentivo incondicional, foram essenciais para enfrentar os desafios de uma rotina intensa e, por vezes, exaustiva.

Agradeço, de forma especial, aos profissionais que disponibilizaram seu ativo mais valioso, o tempo, para contribuir com o desenvolvimento desta pesquisa, compartilhando experiências, vivências e conhecimentos práticos do setor da construção civil, o que enriqueceu significativamente as reflexões aqui apresentadas. Em meio a uma rotina naturalmente exigente e desafiadora, essa colaboração demonstra não apenas comprometimento com a evolução do setor, mas também espírito de cooperação e troca. Destaco, dentre eles, aqueles com quem compartilho o ambiente profissional, cuja proximidade e disponibilidade tornaram ainda mais relevante a construção deste trabalho, contribuindo de maneira direta para a qualidade e consistência dos resultados alcançados e colaborando na minha evolução como engenheiro civil.

Ressalto também o papel dos amigos e colegas de curso, cuja parceria, troca de experiências e momentos de apoio contribuíram significativamente para tornar esse percurso mais leve e enriquecedor. Em meio às exigências acadêmicas e profissionais, essa rede de apoio foi determinante para manter a motivação e o equilíbrio necessários. Por fim, agradeço à minha orientadora pela dedicação, paciência e excelência na condução deste trabalho, sempre contribuindo com orientações valiosas e fundamentais para o seu desenvolvimento.

RESUMO

RICETO. Gustavo Fatoretto. Integração entre os princípios Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade para construtoras residenciais no interior do estado de São Paulo. 2026. Monografia (Especialização em Gestão de Projetos na Construção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2026.

O presente trabalho analisa a aplicação integrada dos princípios do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) no contexto da construção civil, setor historicamente marcado por baixa produtividade, elevada variabilidade e forte dependência de mão de obra artesanal. Ao longo da análise, evidencia-se a necessidade de modernização dos modelos gerenciais adotados nas obras, especialmente diante do aumento da competitividade e das exigências por maior qualidade e eficiência no mercado. Nesse cenário, o Lean Construction destaca-se por promover a eliminação de desperdícios, a melhoria dos fluxos produtivos e a geração de valor ao cliente, enquanto os SGQ contribuem para a padronização dos processos, o controle das atividades e a consolidação da melhoria contínua. A aplicação isolada dessas abordagens já apresenta benefícios relevantes, como a redução de retrabalhos, o aumento da previsibilidade e a melhoria da organização dos canteiros. No entanto, é na articulação entre esses dois modelos que se observa um maior potencial de transformação, ao combinar eficiência operacional com controle sistemático dos processos. O presente estudo, portanto, apresenta diretrizes para a integração prática entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade como uma estratégia consistente para aprimorar os resultados da gestão de obras, promovendo ganhos em produtividade, qualidade e desempenho global dos empreendimentos.

Palavras-chave: Lean Construction. Sistemas de Gestão da Qualidade. Gestão de Obras. Produtividade. Qualidade. Previsibilidade.

ABSTRACT

RICETO. Gustavo Fatoretto. Integration between Lean Construction principles and Quality Management Systems for residential construction companies in the interior of the state of São Paulo. 2026. Monograph (Specialization in Project Management in Construction) – Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, 2026.

This study analyzes the integrated application of Lean Construction principles and Quality Management Systems (QMS) within the context of the construction industry, a sector historically characterized by low productivity, high variability, and strong dependence on artisanal labor. Throughout the analysis, the need to modernize the management models adopted in construction projects becomes evident, especially in light of increasing competitiveness and growing demands for higher quality and efficiency in the market. In this scenario, Lean Construction stands out for promoting waste elimination, improving production flows, and generating value for the client, while QMS contributes to process standardization, activity control, and the consolidation of continuous improvement. The isolated application of these approaches already presents significant benefits, such as reduced rework, increased predictability, and improved site organization. However, it is in the integration of these two models that a greater potential for transformation is observed, by combining operational efficiency with systematic process control. Therefore, this study presents guidelines for the practical integration of Lean Construction and Quality Management Systems as a consistent strategy to improve construction management results, promoting gains in productivity, quality, and overall project performance.

Keywords: Lean Construction. Quality Management Systems. Construction Management. Productivity. Quality. Predictability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma metodológico de pesquisa.....	25
Figura 2 - Grau de Oportunidade em função do Tempo.....	40
Figura 3 - Exemplo Hipotético de aplicação do Cronograma de Gantt.....	44
Figura 4 - Exemplo hipotético do cronograma físico financeiro na metodologia de Gantt aplicado no software MS Project.....	45
Figura 5 - Quadro de cálculo efetivo de mão de obra com índices hipotéticos	47
Figura 6 - Ciclo PDCA aplicado ao ciclo de vida de um projeto genérico.....	53
Figura 7 - Modelo de curva “S” de um projeto hipotético.....	55
Figura 8 - Exemplo hipotético de curva ABC de insumos em obras.....	57
Figura 9 - Modelo de quadro Kanban para controle produtivo	64
Figura 10 - Modelo genérico de detalhamento de etiqueta/cartão para quadro Kanban	65
Figura 11 - Integração de novas tecnologias aos sistemas de gestão	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação.....	30
Tabela 2 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à altura	34
Tabela 3 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio	34
Tabela 4 - Divisão de responsabilidade de cada departamento na coleta de dados para um estudo de viabilidade	42
Tabela 5 - Progresso físico planejado x executado da obra.....	55
Tabela 6 - Aplicações da curva ABC na administração de uma obra.....	59
Tabela 7 - Integração entre Lean Construction (LC) e Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) na construção civil.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise Crítica Integrada entre EC1, EC2 e EC3 em relação a integração do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade	121
Quadro 2 - Diretrizes para integração entre Lean Construction (LC) e o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na construção civil	136

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	3 Dimensões – Modelagem Tridimensional
4D	4 Dimensões – Modelagem 3D integrada ao tempo (cronograma)
5D	5 Dimensões – Modelagem 4D integrada aos custos (orçamento)
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAINC	Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção Civil
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
BIM	Building Information Modeling - Modelagem da Informação da Construção
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CCQ	Círculos de Controle da Qualidade
COPOM	Comitê de Políticas Monetárias
COVID-19	Doença do Coronavírus de 2019
CUB	Custo Unitário Básico
CWQC	Company Wide Quality Control – Controle da Qualidade em Toda a Empresa
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar (Improve) e Controlar
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRE	Instituto Brasileiro de Economia
IA	Inteligência Artificial
IGLC	International Group of Lean Construction – Grupo Internacional de Construção Enxuta
INCC	Índice Nacional de Custo da Construção
IoT	Internet of Things – Internet das Coisas

ISO	International Organization of Standardization – Organização Internacional de Normatização
LC	Lean Construction
LPS	Last Planner System – Sistema do Último Planejamento
MCMV	Minha Casa, Minha Vida
MFV	Mapeamento dos Fluxos de Valor
MS Project	Microsoft Project – Software de Gerenciamento de Projetos
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PDCA	Plan, Do, Check, Act – Planejar, Desempenhar, Checar e Agir
PIB	Produto Interno Bruto
PMBOK	Project Management Body of Knowledge – Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos
PMI	Project Management Institute – Instituto de Gerenciamento de Projetos
PPC	Porcentagem do Plano Concluído ou Percentual de Pacotes Concluídos
RPC	Relação Paramétrica de Custo
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SiAC	Sistemas de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil
SiNAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
Sistema 5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke – Senso de Utilização, Organização, Limpeza, Padronização e Disciplina
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
STP	Sistema Toyota de Produção
TQC	Total Quality Control – Controle Total da Qualidade

TQM	Total Quality Management – Gestão da Qualidade Total
TPM	Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total
UE	União Européia
VGV	Valor Geral de Vendas
VSM	Value Stream Mapping – Mapeamento do Fluxo de Valor
VUP	Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA	20
1.2 OBJETIVOS	23
1.3 MÉTODO DE PESQUISA	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	28
2.2 CONTEXTO DE MERCADO E MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS	37
2.3.1 Planejamento de Obras	37
2.3.2 Estudo de Viabilidade de um Projeto	41
2.3.3 Cronograma de Obras	43
2.3.4 Orçamentos de Obras	47
2.3.5 Ferramentas e Conceitos da Gestão de Obras	52
2.3.5.1 Ciclo PDCA	52
2.3.5.2 Curva S	54
2.3.5.3 Curva ABC	56
2.4 <i>LEAN CONSTRUCTION</i> (CONSTRUÇÃO ENXUTA)	59
2.4.1 Histórico e Conceitos do <i>Lean Construction</i>	59
2.4.2 Ferramentas do <i>Lean Construction</i>	62
2.4.2.1 Last Planner System (LPS)	62
2.4.2.2 Kanban	63
2.4.2.3 Jidoka	66
2.4.2.4 Poka Yoke	67
2.4.2.5 Kaizen	68

2.4.2.6 Sistema 5S	70
2.4.2.7 Técnica dos 5 Porquês	71
2.4.2.8 Mapeamento dos Fluxos de Valor (VSM) e Takt Time	72
2.4.2.9 Células de Produção	73
2.4.2.10 Total Productive Maintenance (TPM).....	76
2.4.3 BIM e IA aplicados ao <i>Lean Construction</i>	77
2.5 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE (SGQ).....	80
2.5.1 Conceito de Qualidade	80
2.5.2 Evolução Histórica da Gestão da Qualidade	82
2.5.3 ISO 9000 e ISO 9001	85
2.5.4 Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H	88
2.5.5 Metodologia Seis Sigma (Six-Sigma)	90
2.5.6 Normas ABNT NBR	91
2.5.6.1 Norma NBR 15575:2024 – Desempenho das Edificações	91
2.5.6.2 Norma NBR 17170:2022 – Edificações – Garantias	94
2.5.7 BIM e IA aplicados a Gestão da Qualidade	95
2.6 INTEGRAÇÃO ENTRE LEAN CONSTRUCTION E SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE (SGQ).....	99
3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	106
3.1 ENTREVISTAS ESTRUTURADAS: ANÁLISE DO PANORAMA PRÁTICO ..	106
3.1.1 Análise de Dados EC1	107
3.1.2 Análise de Dados EC2	110
3.1.3 Análise de Dados EC3	114
3.1.4 Análise Cruzada: Referencial Teórico x Entrevistas Estruturadas ..	117
4. DISCUSSÃO	127
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	137

4.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO E TRABALHOS FUTUROS.....	140
REFERÊNCIAS.....	142
APÊNDICES	162
DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	165

1. INTRODUÇÃO

Veloso et al (2023) afirma que nas próximas décadas o Brasil precisa aumentar a renda per capita e permitir um crescimento sustentável por meio da elevação da produtividade dos trabalhadores visto que está passando pelo processo do fim do bônus demográfico e o tema produtividade deve ganhar cada vez mais relevância dentro do contexto profissional.

Dentro desse cenário de déficit habitacional e necessidade de crescimento produtivo da economia, Jarkas e Bitar (2012) pontuam que o setor da construção civil, historicamente, é reconhecido pela baixa produtividade e por ser uma classe econômica associada ao trabalho manual e artesanal, ou seja, é um dos setores que mais apresenta grande margem de crescimento dentro do âmbito nacional. Para autores como Blayse e Manley (2004), Koskela (2000) e Tezel, Koskela e Aziz (2018) o setor é atrelado a ideologias conservadoras onde métodos tradicionais de trabalho perduram por décadas nos canteiros de obras. Para eles, os processos e procedimentos de execução acabam recebendo apenas atualizações pontuais ao longo do tempo em função da resistência, dos próprios profissionais, através de seus respectivos pensamentos conservadores, na compreensão e aplicação de inovações técnicas, novas tecnologias e atendimento a novos conceitos.

Conforme levantado pelo Observatório da Produtividade Régis Bonelli, em 2023, no artigo “Produtividade do Trabalho no Brasil: uma análise dos resultados setoriais desde 1995”, o setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) apresentou o resultado mais negativo no período de 1995 até 2022 com a produtividade agregada do setor regredindo, em média, cerca de 0,6% ao ano. Desta forma, o artigo pontua que ao longo dos anos vem aumentando o interesse de engenheiros e gestores em mudar a mentalidade dentro dos canteiros de obras e analisar maneiras de aumentar produtividade, melhorar a logística, ter planejamentos mais eficientes e, assim, apresentar maior controle sobre a produção.

Segundo Coelho (2003) o setor da construção civil deve almejar um incremento de produtividade e qualidade em toda sua cadeia construtiva através da renovação dos métodos gerenciais visto que o mercado enfrenta um processo de acirramento na competitividade e busca oportunidades de entregar produtos de maior qualidade, eficiência, produtividade e menor índice de desperdícios. Assim, a relevância da construção no cenário nacional gera uma pressão econômica sobre os projetos de

engenharia no sentido de buscar metodologias que favoreçam a engenharia de custos, ou seja, a redução de desperdícios, a busca por sustentabilidade e melhor aproveitamento dos recursos sob orientação de orçamentos cada vez mais enxutos e cronogramas cada vez mais acelerados.

Entretanto, segundo Picchi (1993) a indústria da AEC, comparada aos demais setores, apresenta um atraso nos avanços relacionados a produtividade e retrabalhos uma vez que o trabalho artesanal continua a ser predominante e ainda existem falhas administrativas que impactam diretamente sobre a produção. Essas falhas podem ser evidenciadas em alguns tópicos dentro dos quatro grupos de fatores que afetam a curva de produtividade real da construção civil:

- i) Fatores Ambientais: clima e absenteísmo (faltas ou atrasos de um funcionário sem justificativas plausíveis)
- ii) Fatores de Canteiro: falhas nas logísticas de acesso, de movimentação e de planejamento das etapas do serviço
- iii) Fatores de gerenciamento: controle gerencial, falta de padronização dos processos, tamanho da equipe e estrutura incompatíveis ao projeto, métodos e cronograma
- iv) Fatores de Projeto: facilidade de construção, qualidade dos documentos, requisitos e especificações e requisitos de controle de qualidade

A alteração de filosofia produtiva, desde o colaborador da produção até a alta administração, tem por objetivo alavancar a rentabilidade e produtividade do setor propiciando um ambiente mais seguro, sustentável e rentável. A partir da capacitação e treinamento de todos, a construção civil pode almejar participações maiores sobre a economia nacional apresentando produtos de maior qualidade, com menor custos e com uma taxa de aproveitamento dos recursos elevada. A introdução efetiva da industrialização e pensamento logístico sobre cada etapa produtiva tem a capacidade de oferecer a gestão de obras contemporânea um cenário propício a novos investimentos e inovações.

a) Contexto Atual

Para Ofori e Toor (2012) o setor da construção civil funciona como um termômetro da economia nacional, se tornando peça fundamental para o PIB dos países em desenvolvimento e, por conta disso, Aschauer (1989), Calderón e Sérver (2010) notaram que durante períodos de crise econômica, muitos desses países

adotam a estratégia de aumentar investimentos em obras de infraestrutura urbana como rodovias, pontes, obras de pavimentação, ferrovias, obras hidráulicas e fornecem incentivos para as obras, residenciais ou comerciais, no intuito de movimentar o mercado de trabalho e atrair investimentos ao país. Entretanto, conforme Índice Nacional de Custos da Construção (INCC), em 2024, os custos nesse setor da economia subiram 6,34% a ponto de superar a inflação registrada de 4,87% no mesmo período, constatando o fato de que está cada vez mais oneroso financeiramente o ato de construir.

Já Santos e Santos (2017) enxerga o mercado da construção com maior competitividade após 2010 em função do ambiente macroeconômico incerto e de pouca previsibilidade nos rendimentos das construtoras. Para eles, o aumento do risco proporciona um aumento no investimento das etapas de planejamento e gerenciamento de obras visando maior controle sobre a produtividade dos funcionários e qualidade das entregas evitando, assim, elevada rotatividade de mão de obra, retrabalhos e possíveis problemas com pós obra

Diante da instabilidade, política e econômica, do cenário nacional e global nesse período pós pandemia e pós conflitos no leste europeu, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) prevê, para o ano de 2025 uma desaceleração no mercado da construção com um crescimento de cerca de 2,3%, ou seja, mais de 1,8% inferior ao ano anterior cujo qual teve seu resultado impulsionado pelas eleições municipais. A própria pesquisa da CBIC também enfatizou que apesar de mostrar sinais animadores o segmento da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) ainda está em patamares muito irrisórios perante aos seus limites históricos. Em 2014, no primeiro trimestre, por exemplo, apresentava resultados globais 16% mais relevantes de modo a evidenciar a margem para crescimento e investimentos que o setor proporciona.

O cenário atual, portanto, mostra uma leve recuperação do setor perante os resultados da economia nacional no período da pandemia de COVID19, porém ainda é preocupante e, principalmente, desafiador o contexto previsto para os próximos anos. Com a taxa básica de juros, conhecida como Taxa Selic, no patamar de 14,25% ao ano, conforme anunciado pelo Comitê de Políticas Monetárias (COPOM) em março de 2025, e a frequente perda de poder de compra dos consumidores aliado aos aumentos de custos das obras, a elevada carga tributária e a inflação nacional geram

uma insegurança ao mercado. A tendência, dessa forma, é de desaceleração no mercado imobiliário e consequentemente em todo setor da construção civil, uma vez que os financiamentos se tornam mais limitados, o montante de investimentos é retraído e os custos de insumos aumentam.

1.1 JUSTIFICATIVA

Conforme Filha et al (2022), a construção civil é um setor fundamental para o desenvolvimento econômico e social, e a busca por aliar eficiência e qualidade tem se tornado cada vez mais relevante, especialmente em pequenas construtoras residenciais. Nesse contexto, a integração do Lean Construction com os procedimentos de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) surge como uma estratégia eficaz para otimizar processos, reduzir desperdícios, potencializar entregas e garantir a satisfação dos clientes.

Entretanto, um dos desafios enfrentados pelas construtoras é a deficiência em encontrar mão de obra qualificada e interessada no trabalho manual presente no setor de arquitetura, engenharia e construção. De acordo com dados da pesquisa “Sondagem da Construção” elaborada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), em junho de 2024, cerca de 71% das empresas do setor relatam dificuldades em recrutar profissionais com as habilidades necessárias onde 39% dessas empresas evidenciaram ter dificuldades extremas nesse quesito. Em paralelo, no cenário nacional, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2024, o número de pessoas com diploma de ensino superior praticamente dobrou no mercado de trabalho nos últimos 10 anos a ponto de evidenciar a tendência de aumento na procura dos jovens em buscar um futuro melhor através da obtenção de conhecimento oriundo da conquista de um diploma universitário. Segundo Ribeiro et al (2025), essa lacuna de habilidades aliada ao desinteresse dos jovens em relação a ingressar no mercado de trabalho da construção civil pode comprometer a longo prazo na qualidade de entrega dos projetos e na eficiência dos processos, tornando ainda mais crucial a adoção de metodologias que promovam o aumento de produtividade, a melhoria contínua e a valorização, através de benefícios e capacitação, dos colaboradores.

Ainda segundo Ribeiro et al (2025) a falta de mão de obra qualificada, portanto, vem encarecendo os orçamentos e criando atrasos nos cronogramas uma vez que os colaboradores que entregam, simultaneamente, qualidade e produtividade, acabam

sendo mais concorridos e, conseqüentemente, valorizados pelo mercado. Fato este que se torna um grande empecilho, principalmente para pequenas e médias construtoras, que lutam por espaço no mercado de obras residenciais e trabalham com orçamentos enxutos e com taxas de lucratividade minimizadas. Isto posto, vem aumentando a necessidade de alinhar uma diretriz processual que aumente o aproveitamento dos recursos temporais, financeiros, pessoais e materiais que englobam um empreendimento multidisciplinar mantendo o cumprimento das exigências especificadas pelas normativas de qualidade como a ISO 9001, ABNT NBR 15575 e demais instruções técnicas que garantem a qualidade dos processos e entregas no ambiente da construção.

Além disso, historicamente o setor da construção civil foi compreendido como um setor do mercado com baixos índices de produtividade e demorada aderência a inovações. Conforme Ribeiro et al (2021), na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) a produção ainda adota métodos extremamente conservadores, com uma mão de obra pouco qualificada, pouco produtiva, extremamente alinhada aos valores tradicionais do setor, e apresentando um caráter nômade, ou seja, criando um cenário de rotatividade grande dentro dos canteiros de obras, que dificulta, assim, a implantação eficaz de processos padronizados visando entrega de resultados técnicos.

O conceito “Lean Construction” surgiu visando atingir essas necessidades. Conforme Erol et al (2015), a ideologia de construção enxuta existe no meio da construção civil desde meados da década de 1990 sob os preceitos de aplicar o Sistema Toyota de Produção (STP), com a especialização dos funcionários em suas funções e atividades, minimizando todo e qualquer desperdício do processo e maximizando a qualidade de entrega a ponto de criar valores para os clientes. Entretanto o conceito vem passando por apropriações e complementos para que se torne cada vez mais efetivo e aplicável no cotidiano das obras.

Portanto, de acordo com Koskela (1992) e Mao e Zhang (2008) a aplicabilidade do Lean no setor da construção civil está em constante evolução tendo como base a transferência de forma clara e efetiva de informações, a elaboração de um planejamento global do processo produtivo, desde a fase logística até a execução, e a conseqüente eliminação de desperdícios presentes nos projetos, sejam eles de produtividade, materiais, financeiros ou logísticos como perdas relacionadas a esperas e movimentações.

Sendo assim, também a partir de meados dos anos 1990, segundo Depexe e Paladini (2007), o mercado nacional registou um aumento nas construtoras aderindo a programas de qualidade e implementando, em seus processos, alguns programas de gestão da qualidade mais assertivos e elaborados sobre as atividades da equipe de produção. Isso se deu em função das adesões dessas construtoras à série normativa ISO 9000, a cobrança dos clientes em relação a melhoria na qualidade dos produtos perante as normas brasileiras e posteriormente a criação do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Os mesmos autores evidenciam que essa implantação vem ocorrendo de forma gradual desde início do século e enfrenta dificuldades para atingir pleno êxito em função da falta de investimento e comprometimento da alta administração, falha de comunicação entre os *stakeholders*, falta de planejamento por parte das equipes administrativas, da resistência conservadora da equipe produtiva, da falta de capacitação dos colaboradores e, principalmente, pela baixa velocidade de sucesso na implantação das inovações nos canteiros de obras.

Em contrapartida, a pandemia de COVID-19, segundo Knight (2021) atuou como um catalisador na mentalidade da população mundial para que repensasse a rotina existente nos grandes centros e, aliado a forte concentração industrial e a relação entre qualidade e custo de vida existente no interior do Estado de São Paulo, impulsionou o mercado da construção civil nessa região (Sinduscon-SP, 2025). Isto posto, nota-se a partir de pesquisa da Perplan Incorporadora (2020) que o mercado imobiliário tem se fortalecido nas últimas décadas, impulsionado pela migração populacional e pela expansão da construção civil em cidades como Campinas, Araraquara, Piracicaba, Sorocaba e São José do Rio Preto.

Para Andrade (2020), esse movimento populacional acarreta no processo de verticalização dos principais polos econômicos do interior do Estado de São Paulo e vem acompanhado de alterações nas legislações urbanísticas e adensamento de áreas específicas por meio dos planos diretores das cidades. Estudos e levantamentos setoriais mostram que o interior do estado de São Paulo tem se consolidado como um polo de investimentos para incorporadoras e construtoras, com participação crescente nos lançamentos de unidades residenciais e forte intenção de compra por parte de potenciais consumidores (SECOVI-SP, 2024; ABRAIN, 2025). Eventos específicos do setor, como o “Inc Interior Paulista” liderado pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAIN), também reforçam a visão das

empresas sobre o interior de São Paulo como uma região estratégica para expansão de empreendimentos (ABRAIN, 2025).

Com essa contextualização do cenário nacional, regional e a preocupação com o futuro da mão de obra na construção civil, fica evidente a necessidade de criar uma diretriz processual de aplicação sinérgica entre os princípios de construção enxuta (Lean Construction) e os Sistemas de Gestão da Qualidade dentro dos canteiros de obras. Conforme Silva e Melo (2021) a integração entre esses conceitos visa acarretar na clareza dos processos construtivos e administrativos das empresas, flexibilizando a gestão da mudança, com a geração de uma construção de maior qualidade e menor custo, através da redução dos desperdícios, gerando valor, para o cliente externo através da entrega de um produto melhor e, gerando valor, para os colaboradores através de um ambiente de obra mais seguro, sustentável, responsável com o meio ambiente e que permita o desenvolvimento e motivação pessoal, através de capacitação e benefícios, para aqueles que entenderem e aderirem ao conceito existente na integração dos modelos Lean com o SGQ.

1.2 OBJETIVOS

- **Objetivo principal:**

Elaborar diretrizes de integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade e os princípios do conceito Lean Construction dentro do cotidiano das construtoras residenciais do interior do estado de São Paulo.

- **Objetivos secundários:**

Para complementar e viabilizar o objetivo principal foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- a) **Revisão bibliográfica:** Realizar uma revisão bibliográfica da literatura sobre o conceito Lean Construction e os conceitos relacionados aos Sistemas de Gestão da Qualidade buscando melhoria de produtividade e qualidade nas construções
- b) **Analisar a integração dos conceitos:** Investigar a melhor maneira de aplicar e acompanhar a integração o Lean Construction com os Sistemas de Gestão da Qualidade identificando áreas de sobreposição, sinergias e impactos na

eficiência operacional e qualidade das construções de maneira a propor melhoria da produtividade e redução de desperdícios no cotidiano das obras.

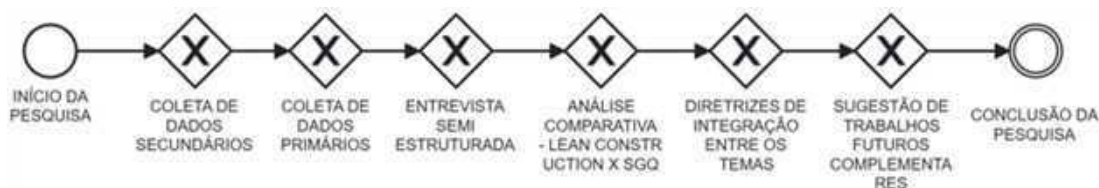
- c) **Identificar desafios e resistências:** Identificar os desafios e dificuldades de aplicação dessa integração num sistema tão artesanal e conservador como a construção civil entendendo a realidade dos canteiros e propondo sugestões de como mitigar os pontos de resistência encontrados no cotidiano dos canteiros de obras.
- d) **Compreender os temas propostos dentro do contexto atual do mercado e as perspectivas futuras da construção civil:** Compreender, no contexto do mercado, as principais dificuldades e vantagens decorrentes da integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade, buscando identificar boas práticas já adotadas, bem como oportunidades de inovação. A partir dessa análise, pretende-se evidenciar a integração desses conceitos como um vetor relevante de transformação na construção civil, contribuindo para a melhoria contínua dos processos, o aumento da produtividade, a redução de desperdícios de recursos e a elevação do nível de satisfação dos stakeholders ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

Esse capítulo visa descrever os procedimentos metodológicos para elaboração e estruturação desta pesquisa realizando uma análise abrangente e sistêmica sobre conceitos amplamente utilizados no gerenciamento de recursos e gestão de obras na construção civil, para permitir o desenvolvimento de diretrizes para uma gestão de obra assertiva com enfoque no planejamento, organização, gestão e qualidade dos serviços.

Conforme a classificação de pesquisa de Freitas e Pronadov (2013), no livro “Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas de pesquisa e do trabalho”, este trabalho é classificado como uma pesquisa aplicada, que gera conhecimentos práticos, de propósito exploratório qualitativo, com estudo de campo realizado através de entrevistas semi estruturadas, para aprofundamento no conhecimento e relacionamento entre diferentes áreas fundamentais para o aumento da maturidade na gestão de obras.

Figura 1 - Fluxograma metodológico de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

A pesquisa é estruturada a partir da coleta de dados primários e secundários, por meio do levantamento bibliográfico de artigos, livros, instruções técnicas e normativas, revistas, teses, dissertações, notícias e entrevistas que abordam os temas Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade no objetivo de formular uma fundamentação teórica entre os conceitos que seja plenamente aplicável no cotidiano das obras residenciais, principalmente com o foco em melhorias de produtividade, economia, qualidade e, conseqüentemente, satisfação dos clientes.

Tal referencial teórico, em busca do estado da arte a respeito do tema proposto, permite análises de convergências, sinergias, dificuldades e empecilhos entre os temas de ponto a possibilitar a elaboração de um conceito integrativo de abordagem sobre a gestão da produção na construção civil e seus respectivos impactos nos resultados da construção civil. A análise tem o intuito de criar uma base teórica para formulação das diretrizes de integração conceitual e nos permite realizar análise de melhores práticas de modo a agrupar benefícios a partir da associação dos conceitos estudados e os pontos de dificuldades comuns ao mercado.

A análise proposta fundamenta-se na realização de entrevistas semiestruturadas com três profissionais atuantes no mercado, com o objetivo de compreender, sob uma perspectiva prática, a percepção desses especialistas acerca dos conceitos estudados, bem como a forma como a integração entre eles tem sido aplicada no contexto atual da construção civil. Para isso, foram selecionados profissionais de uma construtora residencial de atuação nacional, com histórico de empreendimentos localizados no interior do Estado de São Paulo. Os entrevistados ocupam diferentes níveis hierárquicos dentro da organização que atualmente conta com mais de 20 canteiros simultâneos em todo Brasil, sendo um Gerente Geral de Obras, um Gerente de Qualidade e um Engenheiro Residente atuante na cidade de Piracicaba/SP, o que possibilita uma análise comparativa entre distintas visões organizacionais com enfoque para a realidade do interior do Estado de São Paulo. O

Gerente Geral de Obras foi escolhido pela experiência no setor desde estagiário até seu cargo atual, contato direto com a alta liderança da organização e a visão global sobre gestão de obras e qualidade das entregas. Já o Gerente de Qualidade foi selecionado para apresentar a visão a respeito das reformulações que os Sistemas de Gestão da Qualidade vem sendo submetidos no intuito de garantir o controle cotidiano dos processos, desempenho das edificações e a satisfação dos clientes. Já o engenheiro residente, foi selecionado no objetivo de apontar os benefícios, as sinergias, as dificuldades e as resistências que enfrenta para aplicar de forma conjunta o Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade.

A escolha desses perfis tem como finalidade investigar, a partir de diferentes responsabilidades e perspectivas, os impactos da integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade, especialmente diante do cenário atual caracterizado pela crescente escassez de mão de obra no setor.

Portanto, essas entrevistas foram realizadas de modo online a partir de um questionário estruturado de perguntas abertas onde são abordadas questões a respeito de como costuma ocorrer a aplicação do Sistema de Qualidade dentro da construtora ou na realidade das obras, como as práticas Lean Construction são utilizadas nos canteiros de obras, onde identificam pontos de dificuldade e melhoria e como enfrentam as dificuldades constantes com a mão de obra e a produtividade. Dessa forma, as entrevistas constituem a base para uma análise comparativa entre o referencial teórico e as diferentes percepções do mercado, permitindo confrontar conceitos acadêmicos com a prática profissional. A partir desse cruzamento, torna-se possível identificar, de maneira estruturada, os principais pontos de melhoria, sinergias e dificuldades associados à integração dos temas estudados, contribuindo para uma análise crítica e fundamentada dos achados da revisão bibliográfica.

Tomando como base o levantamento bibliográfico e a análise fundamentada pela percepção de profissionais do mercado quanto à aplicação integrada dos conceitos estudados, foram propostas diretrizes voltadas à implementação prática da integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade.

O trabalho foi concluído com a apresentação de recomendações sistematizadas para a aplicação prática das melhorias decorrentes da integração dos conceitos, destacando as principais sinergias e as dificuldades inerentes ao processo de implementação. Para isso, as entrevistas semiestruturadas realizadas com profissionais do setor permitem analisar a aplicabilidade desses conceitos no contexto

das empresas, bem como identificar resistências à sua adoção. Além disso, busca-se evidenciar os benefícios associados a essa integração para que o mercado possa entender a relevância do tema levantado, especialmente no que se refere a previsibilidade no planejamento de obras, ao aumento da eficiência produtiva, à redução de desperdícios, ao aprimoramento do desempenho global dos empreendimentos e, conseqüentemente, na satisfação final dos clientes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A classificação das edificações, segundo Moura e Carvalho (2019), tem por padrão estabelecer critérios formais e funcionais para distinguir categorias de edificações no processo de projeto arquitetônico. Para eles, a definição e categorização de edificações influenciam diretamente estratégias de projeto e gestão no ambiente construído, sendo critérios como uso, forma e função centrais para essa classificação.

Lamas (2011) pontua que a classificação das edificações contribui para o entendimento das transformações e permanências do espaço urbano. Para Kapp (2012) o ambiente urbano, particularmente no âmbito do planejamento e do urbanismo em grandes centros, as edificações são comumente categorizadas a fim de diferenciá-las segundo suas principais características e necessidades. A literatura voltada à tipologia arquitetônica e à morfologia urbana propõe distintos critérios classificatórios, com ênfase naqueles que consideram a configuração formal e a organização espacial das unidades edificadas como elementos centrais de análise.

Assim, segundo Carvalho (2010) e Triana (2010) pode-se classificá-las primeiramente pela disposição física das unidades: edificações verticais, que se estendem em altura por meio de pavimentos empilhados, e edificações horizontais, cuja conformação se alonga na largura, com unidades dispostas lado a lado, ou seja, através de uma distinção frequentemente discutida em estudos tipológicos do meio urbano contemporâneos

Outra maneira de classificar as edificações é conforme o Guia Orientativo de Boas Práticas para Código de Orientações elaborado pelo Governo Federal em 2022. É padronizada a classificação por meio da tipologia de uso a que serão destinadas. As edificações podem ser classificadas como residenciais, não residenciais ou de uso especial contemplando as construções comerciais, industriais, de infraestrutura ou obras pesadas, educacionais, de saúde, de hospedagem, esportivas e, por fim, as construções de uso misto, com integração de duas ou mais tipologias de uso. Cada uma dessas tipologias apresenta necessidades específicas e requisitos de desempenho vinculados às atividades que serão desenvolvidas nesses espaços,

conforme estruturado em guias e códigos normativos aplicáveis a cada um dos ambientes urbanos.

As classificações de edificações, portanto, são fundamentais porque orientam não apenas as diretrizes urbanísticas, mas também, segundo Sobreira e Leal (2020) as normas técnicas, exigências de segurança, acessibilidade, sustentabilidade, ocupação e desempenho dos sistemas internos dos projetos. A literatura demonstra que tais classificações variam conforme o país, a legislação local e os códigos de edificações, apresentando diferentes níveis de detalhamento e terminologias de acordo com as especificidades regionais.

Assim, Kapp (2012) e Sobreira e Leal (2020) enfatizam a importância da subdivisão das edificações em diferentes classificações pois em virtude da diversidade de terminologias e das diferenças entre edificações, cada tipologia encontrada é também referenciada por nomenclaturas que descrevem características mais particulares, permitindo que exemplos distintos possam ser corretamente enquadrados dentro de classificações coerentes e tecnicamente aplicáveis e que as especificidades de cada edificação sejam contempladas.

De acordo com o Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, por meio do Anexo A do Decreto nº 63.911/2018, as edificações recebem uma classificação detalhada voltada ao dimensionamento adequado dos sistemas de prevenção e combate a incêndio. Essa classificação considera critérios como o tipo de ocupação, altura, carga de incêndio, capacidade de lotação e demais fatores relevantes à segurança contra incêndio. Complementarmente, classificações de caráter técnico-operacional, como o Anexo II presente em manuais de referência, contribuem para uniformizar terminologias e garantir que diferentes tipologias sejam adequadamente identificadas segundo suas características específicas.

Portanto, o decreto divide a classificação em 3 tabelas:

Tabela 1 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação

Classificação das edificações e áreas de risco quanto à ocupação				
<u>Grupo</u>	<u>Ocupação/Uso</u>	<u>Divisão</u>	<u>Descrição</u>	<u>Exemplos</u>
A	Residencial	A-1	Habitação unifamiliar	Casas térreas ou assobradadas (isoladas e não isoladas) e condomínios horizontais
		A-2	Habitação multifamiliar	Edifícios de apartamento em geral
		A-3	Habitação coletiva	Pensionato, internato, alojamentos, mosteiros, conventos. Capacidade máxima de 16 leitos
B	Serviços de Hospedagem	B-1	Hotel e assemelhado	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, pousadas, albergues, casas de comodos, divisão A3 com mais de 16 leitos
		B-2	Hotel residencial	Hotéis e assemelhados com cozinha própria nos apartamentos
C	Comercial	C-1	Comércios com baixa carga de incêndio	Artigos de metal, louças, artigos hospitalares e outros
		C-2	Comércios com média e alta carga de incêndio	Lojas de Departamento, magazines, galerias comerciais, supermercados, mercados e outros
		C-3	Shopping Center	Shopping Center
D	Serviços Profissionais	D-1	Local para prestação de Serviços ou condução de negócios	Escritórios administrativos ou técnicos, instituições financeiras, cabelereiros, centros profissionais e assemelhados
		D-2	Agências Bancárias	Agências Bancárias e assemelhados
		D-3	Serviços de Reparação (Exceto G-4)	Lavanderias, assistências técnicas, reparação e manutenção de eletrodomésticos, chaveiros e outros
		D-4	Laboratórios	Laboratórios de análise clínica sem internação, químicos, fotograficos e assemelhados
E	Educacional e Cultura Física	E-1	Escolas em Geral	Escolas de primeiro, segundo e terceiro grau, supletivos, cursos pré universitários e outros
		E-2	Escolas especiais	Escolas de arte, línguas, escolas de cultura, escolas religiosas e assemelhados
		E-3	Espaços para cultura física	Locais de ensino e/ou prática de artes marciais, natação, ginástica, esportes coletivos, sauna, casas de fisioterapia e assemelhados sem arquibancadas

		E-4	Centros de Treinamentos Profissionais	Escolas profissionais em geral
		E-5	Pré Escola	Creches, escolas maternas, jardins de infância
		E-6	Escolas para portadores de deficiências	Escolas para excepcionais, deficientes visuais, auditivos e assemelhados
F	Locais de Reunião Pública	F-1	Local com objeto de valor inestimável	Museus, centros de documentos históricos, galerias de artes, bibliotecas e assemelhados
		F-2	Local Religioso e velório	Igrejas, capelas, sinagogas, mesquitas, templos, cemitérios, crematórios, necrotérios, salas de funerais e assemelhados
		F-3	Centro esportivo e de exibição	Arenas, estádios, ginásios, piscinas, rodeios, autódromos, sambódromos, pista de patinação e assemelhados com arquibancadas
		F-4	Estação e Terminal de Passageiros	Estações rodoferroviárias e marítimas, portos, metrô, aeroportos, helipontos, estações de transbordo e assemelhados
		F-5	Arte cênica e auditórios	Teatros, cinemas, óperas, auditórios de estúdios, auditórios em geral e assemelhados
		F-6	Clube social e salão de festas	Salão de Festa (Buffet), restaurantes dançantes, bingos, bilhares, clubes sociais, tiro ao alvo, boliche e assemelhados
		F-7	Instalações Temporárias	Circos, parques de diversão, feiras de exposição, rodeios, shows e assemelhados
		F-8	Locais para Refeição	Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e assemelhados
		F-9	Recreação Pública	Jardim zoológico, parques recreativos e assemelhados
		F-10	Exposição de Objetos ou animais	Salões e salas de exposição. Edificações permanentes
		F-11	Boates	Casas noturnas, danceterias, discotecas, baladas, boates e assemelhados
G	Serviço automotivo e assemelhados	G-1	Garagem sem acesso ao público e sem abastecimento	Garagens automáticas ou com manobristas
		G-2	Garagem com acesso ao público e sem abastecimento	Garagens sem automação, em geral, sem abastecimento (exceto veículos de carga e coletivos)
		G-3	Local de Abastecimento de Combustível	Postos de abastecimento e serviços, garagens (exceto veículos de carga e coletivos)

		G-4	Serviços de conservação, manutenção e reparos	Oficinas de conserto de veículos, borracharias (sem recauchutagem). Oficinas e garagens de veículos de carga e coletivos, máquinas agrícolas e rodoviárias, retificadoras de motores e assemelhados
		G-5	Hangar	Abrigos para aeronaves
H	Serviço de saúde e institucional	H-1	Hospital veterinário e assemelhados	Hospitais, clínicas e consultórios veterinários e assemelhados (inclui alojamento com ou sem adestramento)
		H-2	Locais de cuidados especiais por limitações físicas ou mentais	Asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, hospitais psiquiátricos, reformatórios, tratamento de dependentes e assemelhados sem celas
		H-3	Hospital e assemelhado	Hospitais, casas de saúde, prontos-socorro, clínicas com internação, ambulatorios, postos de atendimento de urgência e assemelhados com internação
		H-4	Repartição Pública, edificações de forças armadas e policiais	Edificações de poder executivo, legislativo e judiciário, tribunais, cartórios, quartéis, delegacias, postos policiais e assemelhados
		H-5	Local onde pessoas tem sua liberdade restrita	Hospitais psiquiátricos, manicômicos, reformatórios, prisões em geral e instituições assemelhadas com celas
		H-6	Clínica e consultório médico ou odontológico	Clínicas médicas, consultórios em geral, unidades de hemodiálise, ambulatorios e assemelhados sem internação
I	Indústria	I-1	Industria com carga de incêndio de até 300MJ/m ²	Atividades industriais fabricantes de aço, artigos de metal, gesso, esculturas de pedra, ferramentas, jóias, relógios, sabão, serralheria, suco de frutas, louças, vidro e assemelhados
		I-2	Industria com carga de incêndio acima de 300MJ/m ² e de até 1200MJ/m ²	Atividades industriais fabricantes de bebidas destiladas, instrumentos musicais, móveis, alimentos, marcenarias, caixas e assemelhados
		I-3	Industria com carga de incêndio superior a 1200MJ/m ²	Atividades industriais fabricantes de inflamáveis, materiais oxidantes, ceras, espuma sintética, grãos, tintas, borracha, processamento de lixo e assemelhados
J	Indústria	J-1	Depósito de Material incombustível	Edificações sem processo industrial que armazenam tijolos, pedras, areias, cimentos, metais e outro materiais incombustíveis sem embalagens

		J-2	Depósito com carga de incêndio de até 300MJ/m²	Edificações onde os materiais apresentam baixa carga de incendio
		J-3	Depósito com carga de incêndio acima de 300MJ/m² e de até 1200MJ/m²	Edificações onde os materiais apresentam média carga de incendio
		J-4	Depósito com carga de incêndio superior a 1200MJ/m²	Edificações onde os materiais apresentam alta carga de incendio ou materiais recicláveis e combustíveis diversos
K	Energia	K-1	Central de Transmissão e distribuição de energia	Substação Elétrica
L	Explosivo	L-1	Comércio	Comércio em geral de fogos de artifício e assemelhados
		L-2	Indústria	Industria de material explosivo
		L-3	Depósito	Depósito de Material Explosivo
L	Especial	M-1	Túnel	Túnel rodoferroviário ou marítimo para transporte de passageiros ou cargas diversas
		M-2	Liquido ou gás inflamavel ou combustível	Edificação destinada a produção, manipulação, armazenamento e distribuição de liquidos ou gases inflamáveis ou combustíveis
		M-3	Central de Comunicação	Central telefônicas, centros de comunicação e assemelhados
		M-4	Canteiro de Obras	Canteiros de Obras e assemelhados
		M-5	Silos	Armazéns de grãos e assemelhados
		M-6	Floresta Nativa ou cultivada	Unidades de conservação, floresta, corredor ecológico e assemelhados
		M-7	Pátio de Contêiners	Área aberta destinada a armazenamento de contêiners

Fonte: Adaptado do Anexo A do Decreto nº 63.911/2018

Tabela 2 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à altura

Classificação das edificações quanto à altura		
<u>Tipo</u>	<u>Denominação</u>	<u>Altura</u>
I	Edificação Térrea	Um Pavimento
II	Edificação Baixa	$H \leq 6,00\text{m}$
III	Edificação Baixa-Média Altura	$6,00\text{ m} \leq H \leq 12,00\text{m}$
IV	Edificação de Média Altura	$12,00\text{ m} \leq H \leq 23,00\text{m}$
V	Edificação Mediamente Alta	$23,00\text{ m} \leq H \leq 30,00\text{m}$
VI	Edificação Alta	Acima dos 30 metros

Fonte: Adaptado do Anexo A do Decreto nº 63.911/2018

Tabela 3 - Classificação das edificações e áreas de risco quanto à carga de incêndio

Classificação das edificações quanto à carga de incêndio	
<u>Potencial de Risco</u>	<u>Carga de Incêndio (MJ/m²)</u>
Baixa	Até 300MJ/m²
Média	Entre 300MJ/m² e 1200MJ/m²
Alta	Acima de 1200MJ/m²

Fonte: Adaptado do Anexo A do Decreto nº 63.911/2018

2.2 CONTEXTO DE MERCADO E MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Teixeira et al (2005), a construção civil historicamente é um setor que impulsiona a economia nacional e frequentemente é considerado como um “setor termômetro” do desempenho econômico, uma vez que apresenta forte encadeamento com outros ramos produtivos, como a indústria de materiais, o setor financeiro e os serviços, além de exercer papel relevante na geração de emprego e renda. No Brasil, o IBGE divulga que as atividades da construção civil representam aproximadamente 6% do Produto Interno Bruto (PIB), evidenciando a sua importância estrutural para a economia nacional. Estudos de Nunes et al (2020), Teixeira et al (2005) e Veras (2018) indicam ainda que variações no nível de atividade do setor tendem a refletir, de forma antecipada ou concomitante, os ciclos de crescimento ou retração econômica, tornando a construção civil um indicador relevante da dinâmica macroeconômica e do volume de investimentos públicos e privados em infraestruturas e habitação.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2025), a projeção de crescimento da Construção Civil perante o Produto Interno Bruto (PIB) da economia brasileira para o ano de 2025 segue em 2,3%. Resultado este que se mantém elevado em comparação a patamares históricos em função da alta demanda construtiva e da quantidade de obras residenciais e de infraestrutura ainda em andamento mesmo em um contexto que vem apresentando altas taxas de juros, inflação acima da meta e incertezas políticas e econômicas.

Entretanto, a projeção para o desempenho do setor em 2025, apresenta-se otimista, embora acenda um sinal de alerta por ter apresentado um resultado abaixo do projetado em cerca de 0,5%, conforme apontado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Tal preocupação também decorre do fato da taxa de crescimento prevista representar uma desaceleração em relação ao ano de 2024, quando o setor registrou uma expansão de 4,3% atingindo o montante de Produto Interno Bruto de R\$359,53 bilhões de reais. A principal causa dessa desaceleração está associada à postura mais cautelosa do setor privado, especialmente entre as empresas voltadas aos segmentos de médio e alto padrão. Essa retração é motivada pela dificuldade de acesso ao crédito, pelo aumento dos custos de produção e pelos elevados juros aplicados aos compradores, fatores que, em conjunto, tendem a reduzir o nível de investimento da população a médio prazo.

Em contrapartida, Zanobia (2026), em artigo para a revista Veja, pontua que o segmento voltado à habitação de interesse social, particularmente o vinculado ao programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV), mantém o ritmo de lançamentos e continua a impulsionar os resultados gerais do setor. Esse desempenho é fortemente sustentado pelos incentivos advindos das políticas públicas de estímulo à construção civil.

Outro dado que evidencia o aquecimento do mercado na Construção Civil são os resultados de geração de empregos no setor. De acordo com a Pesquisa Sondagem da Construção realizada pela FGV em 2024, houve um crescimento de quase 5% do número de trabalhadores com carteira assinada em relação ao ano anterior atingindo o patamar histórico de 3 milhões de colaboradores empregados.

Entretanto, de acordo com Dino (2024) na matéria da instituição midiática Estado de Minas, publicada em Novembro de 2024, e intitulada como “Industrialização da construção civil ganha força no Brasil”, a crescente industrialização da construção civil (com métodos como o *steel frame* e *off-site construction*) tem se fortalecido no

Brasil como estratégia para aumentar produtividade e qualidade das obras, respondendo à crescente demanda por eficiência e redução de retrabalho. Essa tendência também favorece a exigência por mão de obra mais qualificada, o que revela uma tensão relevante no mercado: embora haja criação de vagas, nem sempre há profissionais preparados para os novos processos construtivos.

Paralelamente ao crescimento econômico, o setor enfrenta um grande desafio: a escassez de mão de obra qualificada. Segundo levantamento da Fundação Getúlio Vargas (FGV IBRE), 82% das empresas da construção relatam dificuldade para contratar trabalhadores, sendo que entre as empresas de serviços especializados esse percentual é de 70%. A falta de profissionais adequados não é apenas quantitativa, mas também qualitativa. A Pesquisa Tendências Habitação 2024, da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), destaca que a escassez se manifesta em “todos os níveis: área técnica, corporativa e de obra” e aponta que a qualidade dessa mão de obra piorou significativamente em comparação com anos anteriores. A pesquisa relata ainda que construtoras de maior porte têm buscado parcerias de longo prazo com empreiteiros e aumentar salários para reter profissionais qualificados. Também há iniciativas de capacitação por meio de entidades como o SENAI e Sinduscon, mas o problema persiste, refletindo uma discrepância entre a formação disponível e as competências demandadas pelos canteiros modernos.

O alto custo da mão de obra e sua escassez tendem a se agravar em um cenário de juros elevados e instabilidade financeira. Matéria do Dino, no jornal Valor Econômico no início de 2025, enfatizam que as Projeções da CBIC para 2025 indicam crescimento mais modesto para o segmento da construção, justamente porque a escassez de mão de obra qualificada está entre os principais entraves, além do custo dos insumos e as taxas de financiamento impostos pelo governo brasileiro que criam incertezas no mercado e insegurança econômica sobre os investimentos.

Em suma, o mercado da construção civil no Brasil exerce papel fundamental no estímulo à economia local por meio da geração de emprego formal, mobilização de investimentos e impacto na cadeia de insumos. No entanto, o déficit de mão de obra qualificada representa um obstáculo estrutural relevante: apesar da demanda crescente, muitas empresas não encontram profissionais preparados para atender às novas exigências tecnológicas e de produtividade. Esse descompasso pode comprometer a capacidade do setor de sustentar seu crescimento de forma eficiente

e competitiva, a menos que haja um esforço integrado entre empresas, entidades de ensino e políticas públicas para formação de talentos e valorização profissional.

2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO DE OBRAS

2.3.1 Planejamento de Obras

A gestão de uma obra se inicia na concepção e planejamento do projeto a ser executado. O estudo de terreno e, principalmente, o estudo de viabilidade compatível com a realidade de mercado é fundamental para a concepção de uma obra visto que, assim como em qualquer investimento no mercado financeiro, o capital somente é alocado ao projeto de construção civil em aspectos seguros, ou seja, de risco calculado e com expectativa de lucratividade. A avaliação inicial de recursos e do fluxo de caixa necessário necessita de completo alinhamento dos departamentos comercial, financeiro, planejamento, orçamento e da engenharia da obra para análise dos recursos existentes e das soluções aplicadas. Frequentemente esse estudo é feito através de previsões realizadas sobre os projetos pré-executivos ou projetos de viabilidade, que ainda não apresentam completo detalhamento, a ponto de resultar em cronograma e orçamentos incompletos ou evidenciar resultados que não são viáveis na prática.

Para Galesne et al (1999), todo investimento se inicia de uma ideia de algum membro da corporação que, se compatível com os valores e interesse da empresa, passa por um estudo aprofundado para detalhar quais os melhores meios possíveis de aplicar esse projeto e obter os melhores resultados. No exterior, por exemplo, a etapa de planejamento recebe uma atenção maior por parte dos investidores e demanda, em sua maioria, muito mais tempo que a própria execução da obra. O investimento sobre essa etapa é entendido como uma garantia de minimização de riscos e, portanto, são aplicadas tecnologias modernas e o desenvolvimento inicial acaba se tornando muito mais completo.

Sacks et al (2010) e Zhang et al (2018) evidenciam que se tornou comum no exterior, por exemplo, a elaboração de projetos mais completos nessa etapa de desenvolvimento, incluindo maior volume de investimentos e a criação de modelos 4D em BIM para análises de incompatibilidades, de forma que se consiga visualizar de forma antecipada as interferências que podem ser encontradas, as incompatibilidades

técnicas existentes, as dificuldades logísticas de incompatibilidade de tempo e espaço ao decorrer da obra e, principalmente, através da análise dos projetos em relação ao escopo, orçamento e cronograma quais seriam as soluções inadequadas tecnicamente ou soluções superdimensionadas que estão previstas inicialmente e poderiam impactar diretamente, nos resultados obtidos por meio de investimentos desnecessários, atrasos e retrabalhos nos serviços.

Para Hendrickson, Hass e Au (2008), a visão internacional sobre o planejamento e gerenciamento de obras estabelece o gestor como o responsável por lidar com os conflitos entre escopo, custo, tempo e qualidade com as restrições impostas pelos recursos legais, humanos, materiais e financeiros. O projeto bem administrado inicia com a especificação dos objetivos do projeto alinhados a construção de um orçamento assertivo, um cronograma preciso, requisitos de desempenho bem definidos e a identificação das necessidades de cada um dos stakeholders envolvidos. O desenvolvimento dos serviços, portanto, deve sempre priorizar a maximização dos recursos de acordo com o plano inicialmente traçado e deve ser acompanhado de ferramentas de coordenação e controle que possam garantir assertividade nas metas e qualidade nas entregas realizando, se necessário, planos de ação de curto e médio prazo para atendimento do objetivo macro inicialmente estabelecido.

Assim, Hendrickson, Hass e Au (2008) complementam a análise sobre planejamento pontuando a importância de demandar tempo e investimento nessa etapa do ciclo de vida de um projeto. O mercado internacional segue a tendência de ter construções cada vez mais industrializadas em função de cronogramas enxutos, orçamentos apertados, exigência de padronização qualitativa dos insumos, dificuldade junto a mão de obra e, para ganhar tempo, alguns investidores acabam tomando a incorreta decisão de abdicar de parte das etapas necessárias na fase de planejamento. Tal atitude, consequentemente, reflete sobre o desenvolvimento do projeto visto que mudanças de escopo, alterações de projeto e outros imprevistos ao longo da execução da obra acabam aumentando os custos de mudança através de retrabalhos e desperdícios de recursos que poderiam ser evitados. Embora os custos finais frequentemente ultrapassem as estimativas iniciais, muitos investidores optam por reduzir a etapa de planejamento das obras, aceitando margens de lucro ainda menores em prazos mais curtos. Essa decisão, no entanto, tende a aumentar os riscos e as ineficiências do empreendimento, uma vez que o planejamento é fundamental

para garantir a qualidade e desempenho das construções e, principalmente, para mitigar as incertezas inerentes ao mercado da construção civil, como variações de custos dos insumos envolvidos, dificuldades com a mão de obra e instabilidades econômicas do mercado interno e externo.

Isto posto, Filho (2014), evidencia que planejamento consiste em um conjunto de análises indispensáveis para que se tenha capacidade de tomar decisões acertadas e executar transformações necessárias a fim de atingir a etapa final de um empreendimento com cumprimento exato ou antecipado de seu orçamento e cronograma. O planejamento inicial permite ao engenheiro o conhecimento integral do projeto de modo que sejam identificadas falhas de projeto, inconsistências de cronograma, falhas de orçamento ou até métodos construtivos incompatíveis com a realidade com tempo hábil para aplicar as mudanças e revisões que possam ser identificadas sem impacto físico ou financeiro sobre os resultados da obra. Segundo Mattos (2019), portanto, um planejamento eficiente pode impactar diretamente na condução dos trabalhos por apresentar benefícios como: conhecimento pleno da obra, detecção de situações desfavoráveis, agilidade de decisões, relação com o orçamento, otimização da alocação de recursos, referência para acompanhamento, padronização, referência para metas, documentação e rastreabilidade, criação de dados históricos e profissionalismo.

Para Mattos (2019), o planejamento pode ser compreendido como um fator de perpetuação organizacional, na medida em que proporciona aos gestores maior capacidade de reação diante de situações imprevistas, permitindo respostas ágeis e adequadas por meio do monitoramento contínuo do andamento do empreendimento e da eventual redefinição de estratégias para atendimento dos objetivos propostos.

Mattos (2019) reforça que o conhecimento pleno da obra e a detecção de situações desfavoráveis são frutos da análise dos projetos onde é possível conhecer a fundo o método construtivo, os detalhamentos projetados para cada etapa de obra e identificar meios para amplificar a produtividade através da organização das frentes de serviço, planejamento de logística de obra e identificação premeditada de possíveis complicações no caminho crítico do cronograma estabelecido. A agilidade nas decisões para organização de materiais e equipamentos no canteiro, dimensionamento de equipes de trabalho, terceirização de serviços e análise de riscos impactam diretamente na produtividade real do canteiro de obras e permitem tomadas de decisão visando o acompanhamento do cronograma geral estabelecido.

Abaixo, é evidenciado por meio de gráfico que na fase de concepção e desenvolvimento se tem uma oportunidade muito maior de se realizar mudanças sob um custo baixo e conforme a execução vai acontecendo relata-se que a oportunidade vai diminuindo consideravelmente enquanto o custo das alterações tende a subir exponencialmente. A avaliação antecipada para planejamento de ações corretivas e preventivas é refletida num menor custo e menor tempo final da obra.

Figura 2 - Grau de Oportunidade em função do Tempo



Fonte: Adaptado de "Planejamento e Controle de Obras", Mattos, 2010

A otimização da alocação recursos e a relação direta entre planejamento e orçamento também são fundamentais na fase de planejamento para que se evitem grandes surpresas no decorrer do ciclo de vida da obra. Para Mattos (2019), a fase de planejamento é uma forma de se analisar também o orçamento e buscar pontos de melhoria cujos quais se permitem alterar a organização dos recursos baseado na análise dos projetos, na padronização dos processos e nas demandas no decorrer da execução visando manter a qualidade exigida no prazo estipulado inicialmente.

Portanto, para atingir esses benefícios a partir do planejamento de uma obra é fundamental que o acompanhamento seja preciso e eficiente. E para isto, os pesquisadores do ramo desenvolveram diversas técnicas de planejamento, acompanhamento e gestão de obras fundamentais para atendimento ao controle de qualidade existente na contemporaneidade. A aplicação de técnicas e a utilização de índices para monitoramento dos serviços realizados possibilitam que o engenheiro

responsável mantenha o controle das obras mesmo com o constante aumento de complexidade dos projetos na construção civil.

2.3.2 Estudo de Viabilidade de um Projeto

Conforme estudo do Goldman (2004), o início da etapa de planejamento de um projeto na construção civil demanda obrigatoriamente por um estudo de viabilidade que entenda em aspectos quantitativos quais os riscos e as vantagens que podem ser obtidas com a execução do projeto. A tomada de decisão de onde se deve comprometer capital é um dos pontos cruciais para manutenção da saúde financeira de uma empresa e parte sempre de uma ideia que precisa ser desenvolvida para entendimento de quais os melhores meios de implanta-la.

No caso da construção civil, por exemplo, deve se avaliar, dentre as possibilidades de terrenos, qual a melhor estratégia a ser montada e qual o melhor projeto a ser alocado em cada uma das regiões possíveis entendendo as características do local, as características dos potenciais clientes e, em paralelo, aplicando critérios objetivos e subjetivos de análise dentre as possibilidades existentes para encontrar qual o melhor produto e qual a forma mais eficiente, ou seja, dentro de um fluxo de caixa viável e que gere maior retorno, para aplicar os recursos financeiros existentes.

O estudo de viabilidade econômica na engenharia civil, portanto, é um trabalho conjunto de vários departamentos da empresa. Segundo Goldman (2004), os principais envolvidos são os departamentos: comercial/vendas, financeiro, produto e orçamento/planejamento.

Tabela 4 - Divisão de responsabilidade de cada departamento na coleta de dados para um estudo de viabilidade

Estudo de Viabilidade - Divisão por Departamento		
Departamento	Dados	Forma de Coleta/Estimativa
Comercial	<u>Valor do Terreno</u>	Preço médio/m ² da região ou negociação com proprietário
	<u>Valor de Venda dos Imóveis</u>	Preço médio/m ² de imóveis com padrão semelhante na região ou pesquisa com mercado do quanto acreditam valer o imóvel
	<u>Despesas com Promoções</u>	Percentual do próprio Valor Geral de Vendas que a empresa destina a promoções e ações comerciais
Financeiro	<u>Despesas Financeiras (Financiamento ou Recursos Próprios)</u>	Definição dos recursos existentes e dos custos associados a um possível financiamento
Produto	<u>Projetos Preliminares</u>	Definição de padrão a ser entregue e premissas a serem seguidas para uma definição de valor por m ² para um orçamento simplificado ou, se possível, apresentação dos projetos preliminares para levantamentos
Planejamento e Orçamento	<u>Curvas e Valores Totais do Custo da Obra</u>	Montagem de um Orçamento Preliminar, curvas de desembolso mensal e previsão de custo total da construção

Fonte: Adaptado de Goldman (2004)

O departamento comercial, portanto, tem a responsabilidade de entender o valor do terreno através do preço médio do metro quadrado na região ou de uma negociação direta com proprietário. Também assume a responsabilidade de levantar dados, por meio de pesquisa de mercado, naquela região dos valores médios do metro quadrado de cada um dos padrões que a empresa trabalha. Caso não encontrem algo similar ao produto a ser disponibilizado é necessária uma pesquisa junto aos potenciais clientes de quanto seria o valor desembolsado por eles para um projeto com as características apresentados. Por fim, é o departamento comercial que estipula qual porcentagem do Valor Geral de Vendas (VGV) da empresa que será disponibilizado para promoções e ações comerciais desse projeto.

Em seguida, Goldman (2004) esclarece que o departamento financeiro realiza um levantamento dos recursos existentes dentro do caixa da empresa para viabilizar esse projeto ou quais os requisitos necessários e quanto se arrecadaria ao buscar um financiamento.

Tendo levantado os valores anteriores, o departamento de produto e o departamento de orçamento e planejamento trabalham em conjunto. Produto estuda a região e os potenciais clientes para definir qual padrão de produto que mais se enquadra a cultura local. Para definição quantitativa, Orçamento e Planejamento levantam a partir do plano diretor local qual a metragem de construção permitida e, em cima desse valor em metros quadrados da área do terreno multiplicada pelo

potencial construtivo, o custo da obra é estimado utilizando as planilhas de custo unitário da construção (CUB), os históricos de custos por m² da própria construtora ou por métodos como o da área equivalente. Quando possível, é importante a apresentação dos projetos preliminares por parte do Departamento de Produtos para que sejam realizados levantamentos preliminares e, em cima desse quantitativo, se obtenha um orçamento simplificado que se aproxime ao máximo da realidade.

Por fim, o departamento de planejamento e orçamento estipulam curvas de desembolso mensal e previsão de custo total da obra para que seja feita, em conjunto de todas as partes envolvidas, a análise crítica da viabilidade econômica da execução do projeto.

2.3.3 Cronograma de Obras

Em um cenário marcado pela intensificação da competitividade entre organizações, Jungles e Ávila (2006) entendem que a gestão na construção civil se configura como um desafio adicional ao profissional de engenharia. Nesse contexto, torna-se necessário superar uma atuação restrita ao campo técnico, historicamente dissociada das práticas gerenciais, passando a assumir um papel estratégico na condução e no controle dos processos de engenharia sob sua responsabilidade. Os cronogramas de obra, portanto, podem ser apresentados aos gestores dos serviços em formatos diferentes, sejam eles exclusivamente físicos ou físico financeiros, mas sempre com o objetivo de delimitar prazos de início e término para as tarefas dentro de uma obra e orientar o controle produtivo na construção civil.

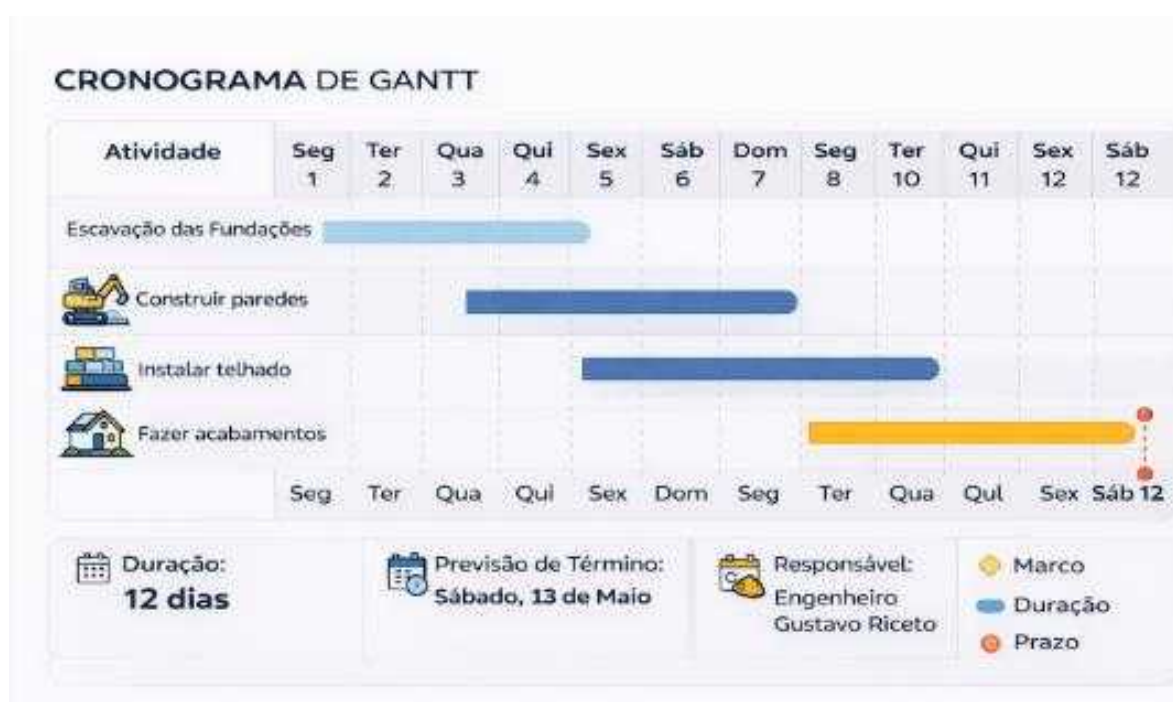
De acordo com Mattos (2019), os cronogramas de serviço configuram-se como instrumentos de gestão que fornecem ao engenheiro responsável pela obra uma visão estruturada e sequencial de todo o processo construtivo. Esses modelos descrevem a duração estimada de cada etapa, bem como as relações de precedência e sucessão entre as atividades, permitindo a identificação do caminho crítico, ou seja, conjunto de tarefas cuja eventual postergação implica atrasos sucessivos nas atividades subsequentes e, conseqüentemente, na conclusão global do empreendimento.

Mattos (2019) enfatiza, ainda, a relevância das chamadas atividades marco, que representam pontos de controle ou eventos significativos estabelecidos pelo planejamento, por necessidades de atenção com processos burocráticos como ligação definitiva de água e energia ou por exigências contratuais. Esses marcos constituem referências fundamentais para o acompanhamento do progresso físico da obra, uma

vez que assinalam momentos-chave de entrega parcial ou de transição entre fases construtivas, contribuindo para a gestão eficiente de prazos e metas do projeto.

Mattos (2019) explica que o cronograma de Gantt inicialmente foi proposto como um gráfico de barras simples onde à esquerda figuram as atividades e à direita, as suas respectivas barras desenhadas em uma escala de tempo. O comprimento da barra representa a duração da atividade, cujas datas de início e fim podem ser lidas nas subdivisões da escala de tempo. Entretanto, o mesmo entende a metodologia, aplicada em sua forma mais simples, acaba se tornando defasada por não possibilitar a visualização da ligação entre as atividades, não levar em conta as folgas e não mostrar o caminho crítico do projeto.

Figura 3 - Exemplo Hipotético de aplicação do Cronograma de Gantt



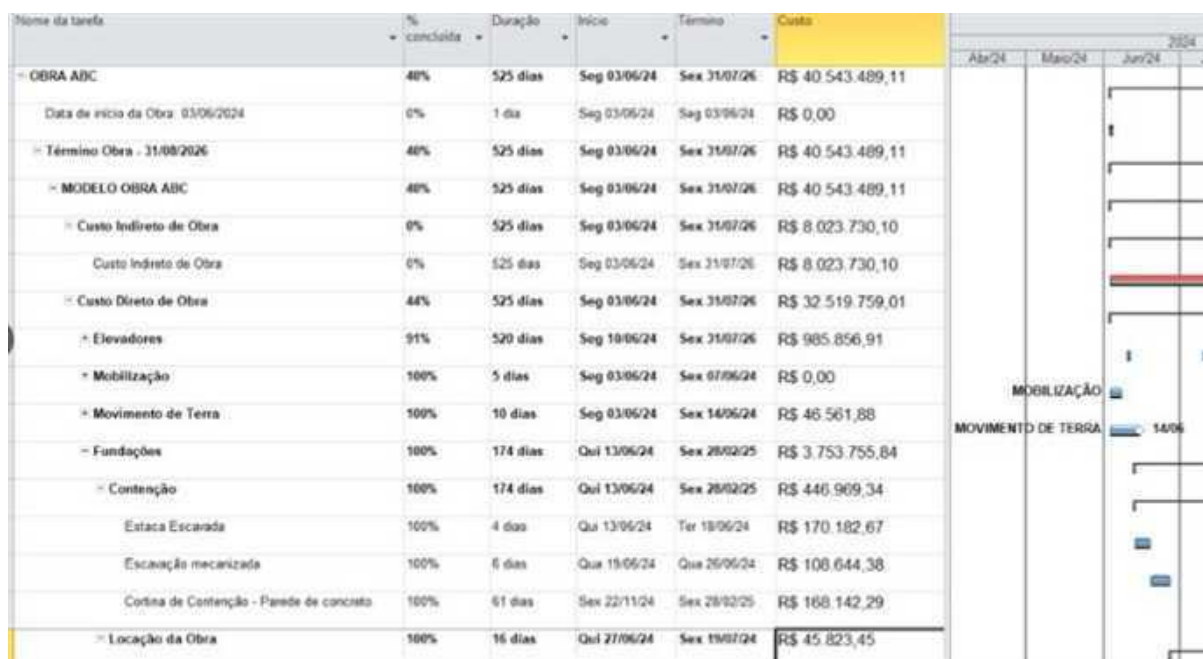
Fonte: Adaptado de Mattos (2019)

Nocera (2013) relaciona as metodologias tradicionais e os avanços tecnológico dos *softwares* de gestão como o MS Project para permitirem maior assertividade nos cronogramas e permitir a previsibilidade e controle da execução das atividades dentro dos dias úteis trabalhados, controle individual da produtividade de cada atividade atrelada a sequência construtiva, folgas e caminho crítico da obra de forma a agilizar o controle e, conseqüentemente, o replanejamento de atividades. Nocera (2013)

exemplifica que a utilização dessas tecnologias traz a possibilidade de inclusão dos valores de cada atividade para acompanhamento de custos ao longo do cronograma.

Mattos (2019), por exemplo, exemplifica o modelo de cronograma físico financeiro, baseado na metodologia implantada por Henry Gantt e aplicado aos softwares modernos, como um dos mais utilizados pelos gestores de obras. A aplicação dos gráficos de Gantt aos softwares modernos permitiu a criação de um cronograma físico financeiro onde é possível controlar simultaneamente os pilares custo e prazo das obras e, atrelado a outras técnicas de gestão, permitem a redução do percentual de obras que acaba atrasando ao longo do seu desenvolvimento.

Figura 4 - Exemplo hipotético do cronograma físico financeiro na metodologia de Gantt aplicado no software MS Project



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Mattos (2019) apresenta o cronograma de obras como uma das principais ferramentas do planejamento visto que permite controlar o prazo macro da obra e micro de cada serviço alinhando o que estava previsto com o que estava realizado. Para o planejamento inicial, se dá o nome de planejamento referencial ou linha de base (baseline) e sobre ele são feitos os planos de ação para recuperação de prazos perdidos. Para Mattos (2019), o cronograma é um importante aliado do planejador analítico para que seja possível manter o controle de prazos, consequentemente o controle de custos, e também organizar a sequência construtiva e cadeia logística de

insumos, ferramentas e suprimentos de forma analítica e racionalizada de acordo com as tarefas necessárias para atingir cada um dos objetivos.

Para Limmer (1997) e Mattos (2019), a execução de obras apresenta a tendência de ser cada vez mais exigente com os pilares prazo, custo e qualidade de forma que a antiga figura do “tocador de obra” de forma intuitiva vem perdendo espaço para os profissionais que dominam técnicas comprovadas que relacionem mão de obra, ferramentas, materiais e equipamentos para executar a obra alinhada com seus parâmetros previamente estabelecidos e com as expectativas de mercado para qualidade, custo e prazo. Limmer (1997) ressalta que controle de custo, prazo e qualidade são interdependentes visto que um atraso na conclusão de uma etapa, um aumento na mão de obra como plano de ação de recuperação de prazos, a necessidade de uma equipe especializada para execução de um serviço específico ou até o retrabalho em uma etapa da sequência construtiva da obra impactam diretamente nos demais critérios de controle do sucesso das obras.

Segundo Limmer (1997), o domínio sobre a elaboração e gestão de cronogramas de obra constitui um elemento essencial para o acompanhamento sistemático da sequência executiva das atividades de um projeto. Tal domínio possibilita a organização eficiente dos serviços e a administração racional dos recursos disponíveis, uma vez que permite antecipar a solicitação, aquisição e contratação de mão de obra, materiais e equipamentos, evitando, assim, restrições que possam comprometer a execução das etapas previstas na linha de base do projeto.

Ainda conforme Limmer (1997), a metodologia de planejamento de obras deve contemplar a elaboração de cronogramas detalhados, segmentados por serviços, recursos humanos e equipamentos, de modo a estabelecer uma estrutura analítica coerente e integrada. Essa estrutura deve associar prazos reais de execução, compatíveis com as condições locais de produtividade, disponibilidade de insumos e potenciais intercorrências. Dessa forma, busca-se mitigar riscos decorrentes da formulação de planejamentos incongruentes com a realidade operacional do empreendimento, assegurando maior confiabilidade e eficácia na gestão do prazo e dos recursos do projeto.

Os cronogramas de mão de obra, por exemplo, são detalhados por Limmer (1997) e Mattos (2019) a partir da construção de um quadro de cálculo efetivo de mão de obra onde está organizada a quantidade de recursos (mão de obra) necessários

para cumprimento de cada etapa nos prazos propostos pelo cronograma referencial. Mattos (2019) explica que é mais assertivo dimensionar as equipes utilizando os dados de coeficiente individual de produção de cada função na obra (por exemplo, horas de 1 carpinteiro/m²) visto que estas informações estão sendo cada vez mais controladas e divulgadas pelos órgãos envolvidos com a construção civil e também pois é possível, com a manutenção de equipes entre obras ou ao decorrer da própria obra, criar um banco de dados para cada um dos funcionários envolvidos de forma a existir maior previsibilidade sobre os prazos de entrega.

Figura 5 - Quadro de cálculo efetivo de mão de obra com índices hipotéticos

Planejamento de Mão de Obra para Blocos e Baldrames										
Atividade / Serviço	Unid	Qntd	Recurso	Índice Base do Recurso		Jornada	Dias	Duração Adotada(dias)	Qntd de Recursos	
<u>Escavação</u>	m³	190	Servente	3,5	h/m³	8	84	15	Servente	6
<u>Forma</u>	m²	450	Carpinteiro	1	h/m²	8	57	10	Carpinteiro	6
			Ajudante	0,75	h/m²	8	43	10	Ajudante	5
<u>Armação</u>	kg	8500	Armador	0,05	h/kg	8	54	15	Armador	4
			Ajudante	0,06	h/kg	8	64	15	Ajudante	5
<u>Concretagem</u>	m³	95	Pedreiro	0,5	h/m³	8	6	5	Pedreiro	2
			Servente	1,5	h/m³	8	18	5	Servente	4
Duração Total								45		

Fonte: Adaptado de Mattos (2019)

Com esses dados de dimensionamento de equipes estabelecidos, Mattos (2019) e Limmer (1997) apontam a necessidade de desenvolver o cronograma de mão de obra com a entrada e saída da obra de cada um dos envolvidos de forma já pré definida estabelecendo, assim, a quantidade de oficiais de cada função que vão trabalhar simultaneamente em cada etapa para a conclusão do serviço.

Já os cronogramas de materiais e equipamentos, para Mattos (2019), devem estar alinhados a necessidade de cada um dos serviços e ao cronograma de mão de obra proposto. Para ele, com a equipe dimensionada e a sequência construtiva definida é possível prever as ferramentas que devem entrar e sair da obra em cada um dos momentos evitando, assim, a locação por períodos desnecessários ou de forma mal dimensionada, seja ela, exagerada ou subdimensionada.

2.3.4 Orçamentos de Obras

Outra premissa importante para o planejamento e controle de obras são os orçamentos. Padoveze (2004) afirma que o orçamento pode ser compreendido como

a representação quantitativa e financeira de um planejamento, elaborado com a finalidade de alcançar metas previamente estabelecidas pelos responsáveis por sua formulação, contando com o envolvimento integrado dos diversos setores da organização. Já Kern (2005) visualiza que o orçamento consiste em um instrumento formal que apresenta a estimativa detalhada dos custos globais e individuais da mão de obra, insumos e equipamentos envolvidos nas etapas de um empreendimento. Ele é utilizado como base para a tomada de decisões e para a formalização de negociações, servindo como referência desde as análises preliminares de viabilidade até a definição de técnicas construtivas, seleção de materiais e insumos, bem como nas tratativas comerciais com fornecedores e clientes.

Para Altounian (2015) o orçamento é o a planilha que contém todos os quantitativos (extraídos com memória de cálculo), multiplicados por todos os preços (obtidos da composição de preços unitários), somados e com aplicação do BDI. A técnica orçamentária, segundo Mattos (2006) envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo, portanto, muita atenção e habilidade técnica. Como o orçamento é preparado antes da efetiva construção do produto, muito estudo deve ser feito para que não haja nem lacunas na composição do custo nem considerações descabidas.

Segundo Otero (1998) e Marchiori (2009) reduzir os desvios que impactam na lucratividade do empreendimento ou até mesmo desvios significantes, que poderiam inviabilizar a continuidade da execução de uma obra, três metodologias são utilizadas para elaboração de estimativas de custos e se destacam no contexto brasileiro: o Custo Unitário Básico (CUB), o Modelo Paramétrico de Custo e o Orçamento Detalhado. As duas primeiras se destinam às etapas iniciais do empreendimento (estudo de viabilidade e planejamento inicial) e apresentam uma menor assertividade devido à baixa quantidade de informações para seu desenvolvimento, e a terceira, às etapas de projeto e execução da obra, quando informações sobre memoriais descritivos, projetos e quantitativos já podem ser determinadas com precisão.

De acordo com o Manual do Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON 2007), criado através do artigo 54 da Lei Federal 4.591/64 o Custo Unitário Básico (CUB) consiste em um método de estimativa de custo aonde para se estipular o custo de uma construção são consideradas suas características de uso, padrão de acabamento e regionalidade. A partir dessas características é obtido um custo unitário básico por metro quadrado, divulgado pelo Sinduscon de cada estado

mensalmente, que ao ser multiplicado pela área de projeto, resulta na estimativa de custo da obra.

Para Belotto (2022), a aplicação do CUB, com a utilização da área total construída (área medida em projeto) também é inadequada para a estimativa de custo, visto que áreas de dependências diferentes dentro de um mesmo empreendimento apresentam custos diferentes, como por exemplo a construção de uma varanda descoberta não custa o mesmo que a construção de um banheiro, o qual possui cobertura, paredes, revestimentos e maior quantidade de instalações. Portanto, esse método de estimativa que utiliza apenas índices de custo por área (construída, privativa ou equivalente), é esperado que seja observada uma dispersão de valores com elevados percentuais de erro

Dessa forma, para aumentar a precisão da estimativa pelo CUB, a ABNT NBR 12721:2006 (ABNT, 2006) apresenta o conceito de área equivalente, sendo a área real da dependência multiplicada por um coeficiente de equivalência com a área privativa padrão. A norma apresenta os seguintes coeficientes para serem aplicados na transformação das áreas em áreas equivalentes:

- 1) garagem (subsolo): 0,50 a 0,75;
- 2) área privativa (unidade autônoma padrão): 1,00;
- 3) área privativa salas com acabamento: 1,00;
- 4) área privativa salas sem acabamento: 0,75 a 0,90;
- 5) área de loja sem acabamento: 0,40 a 0,60;
- 6) varandas: 0,75 a 1,00;
- 7) terraços ou áreas descobertas sobre lajes: 0,30 a 0,60;
- 8) estacionamento sobre terreno: 0,05 a 0,10;
- 9) área de projeção do terreno sem benfeitoria: 0,00;
- 10) área de serviço – residência unifamiliar padrão baixo (aberta): 0,50;
- 11) barrilete: 0,50 a 0,75;
- 12) caixa d'água: 0,50 a 0,75;
- 13) casa de máquinas: 0,50 a 0,75;
- 14) piscina, quintais, etc.: 0,50 a 0,75;

Já a estimativa de custo por meio de método paramétrico, para Marchiori (2009), depende fundamentalmente do banco de dados que o modelo orçamentário vai ser embasado. Para ele, é obrigatório que o novo projeto, que terá seu custo

prognosticado com este método, deverá ter a mesma tipologia e características semelhantes àqueles dos projetos que geraram o modelo.

De acordo com a *International Society of Parametric Analysts* (2008), a estimativa paramétrica de custo define-se, de forma ampla, como um método que calcula o custo de um projeto ou uma tarefa por meio de relações sob a forma de algoritmos matemáticos ou lógicos de modo a obter uma estimativa. No âmbito desse método, as relações estabelecidas são conhecidas como Relações Paramétricas de Custo (RPC), podendo variar desde aproximações baseadas em analogias simples ou critérios empíricos até modelos matemáticos sofisticados desenvolvidos a partir de análises estatísticas de bases de dados. Essas relações buscam correlacionar o custo de determinado produto a uma de suas características técnicas mensuráveis. Para que a estimativa paramétrica apresente resultados confiáveis, é fundamental que o parâmetro técnico selecionado represente adequadamente o objeto analisado e demonstre elevada correlação com o seu respectivo custo.

A *International Society of Parametric Analysts* (2008) reforça que os direcionadores de custo correspondem a atributos do produto que podem ser definidos e controlados a partir de elementos como projetos, plantas, especificações técnicas e cronogramas, exercendo influência relevante sobre o sistema como um todo. A seleção desses parâmetros deve priorizar aqueles que apresentem maior impacto sobre o objeto analisado, especialmente no que se refere à composição de seu custo. Tais direcionadores podem assumir natureza quantitativa ou qualitativa no contexto de edificações, como por exemplo, a área construída configura-se como uma variável numérica, enquanto o padrão do empreendimento caracteriza-se como uma variável não numérica. Independentemente de sua classificação, um critério essencial para que determinado parâmetro seja considerado direcionador de custo é a comprovação de sua significância estatística na explicação do comportamento dos custos do produto.

Ainda para a *International Society of Parametric Analysts* (2008), o desenvolvimento de um orçamento parametrizado passa por 4 etapas principais. O desenvolvimento de um modelo paramétrico envolve etapas sequenciais e interdependentes. Inicialmente, realiza-se a coleta de dados, seguida de sua organização, avaliação crítica e tratamento estatístico. Na etapa seguinte, procede-se à identificação e análise dos possíveis direcionadores de custo, verificando-se sua capacidade de representar adequadamente o produto e sua relevância na composição

do custo. Posteriormente, são formuladas as relações paramétricas, com a seleção daquelas que apresentem consistência e validade técnica. Por fim, o modelo é submetido à validação mediante sua aplicação em um novo produto ou empreendimento, com o objetivo de verificar sua confiabilidade preditiva.

Gonçalves (2011) entende o modelo parametrizado como uma estimativa confiável com margem de erro aceitável para empreendimentos que ainda não apresentam projetos desenvolvidos. Entretanto, para ele, nada se torna mais assertivo do que o orçamento detalhado obtido a partir de quantitativos reais de projeto.

Para a elaboração de um orçamento detalhado, é necessário um conjunto de documentação: projeto arquitetônico, de cálculo estrutural, de instalações, projetos especiais e complementares, memorial descritivo das especificações técnicas, proposta de prestação de serviço dos empreiteiros, normas técnicas do local onde a obra vai ser construída, requisitos legais de órgãos fiscalizadores, padrões de qualidade e técnicos da construtora, entre outros. Com base nessa documentação, Goldman (2004) pontua que o técnico responsável irá fazer o levantamento quantitativo de quais insumos e serviços serão necessários para execução de cada etapa da construção e atribuir o custo unitário de cada um deles conforme o momento histórico do contexto econômico local e a realidade geográfica do local onde o empreendimento será construído.

Mattos (2019) ainda reforça a necessidade de contemplação de todos os custos indiretos para assertividade da planilha orçamentaria. Os custos indiretos são custos gerais não diretamente ligados ao serviço propriamente dito, mas de ocorrência inevitável, como as despesas decorrentes dos serviços preliminares como os projetos executivos, de equipe de administração e supervisão da obra, funcionamento do canteiro, impostos e encargos, gastos com órgãos públicos entre outras.

Portanto, para Oliveira (2017), a planilha orçamentária tem por objetivo descrever todos os custos necessários a execução de uma obra. Essa planilha é feita a partir da compilação da composição de preços unitários e dos quantitativos. Devem constar nela o código e a discriminação de cada serviço e discriminação de cada material a ser utilizado, com suas respectivas unidades de medição, quantidade, preço unitário, preço total e percentual do custo do serviço em relação ao valor total de execução. É importante também identificar as partes envolvidas na obra, local, data de elaboração do orçamento e de início dos serviços, base de referência dos preços e demais considerações pertinentes ao empreendimento.

2.3.5 Ferramentas e Conceitos da Gestão de Obras

2.3.5.1 Ciclo PDCA

Uma das técnicas de planejamento indispensável na gestão de obras é o chamado Ciclo PDCA. Criado na década de 1920 por Walter Shewart e que ganhou notoriedade na década de 1950 com Edwards Deming, consiste num processo de acompanhamento para que se garanta que o planejamento está sendo executado da forma correta.

Segundo Mattos (2019), a sigla PCDA consiste em quatro etapas em forma de quadrante onde a primeira é o “P” de “plan”, ou seja, planejar. Etapa onde se estuda e entende o projeto, onde se define a metodologia e onde se gera todas as programações e cronogramas para desenvolvimento da obra. Estudar o projeto conforme o ciclo criado por Shewart visa entender o método construtivo utilizado e avaliar maneiras efetivas de planejar as atividades da obra visualizando antecipadamente as dificuldades e tentando identificar possíveis interferências.

A definição de metodologia, passa dentre muitas tomadas de decisão, principalmente pelo estudo e escolha dos métodos produtivos, das equipes que atuarão em cada atividade, na sequência dos serviços e na logística necessária para colocar o planejamento em prática. Por fim, é fundamental gerar um cronograma racional e realista onde se prevê possíveis dificuldades com mão de obra, clima da região e discrepância entre produtividade real e produtividade planejada.

A segunda etapa conforme Mattos (2019) é o “D” derivado da inicial do verbo em inglês “do” que representa fazer. Corresponde na etapa onde primeiramente se explica e treina todos os envolvidos em suas respectivas etapas sempre deixando explícitos os prazos, a sequência das atividades e o padrão de qualidade exigido. É fundamental que todos os envolvidos na execução entendam o cronograma e estejam motivados a tornar aquilo que foi planejado em realidade. Com toda a equipe preparada, portanto, inicia-se a execução buscando atender a todas as exigências de prazo, custo e qualidade conforme os padrões pré estabelecidos.

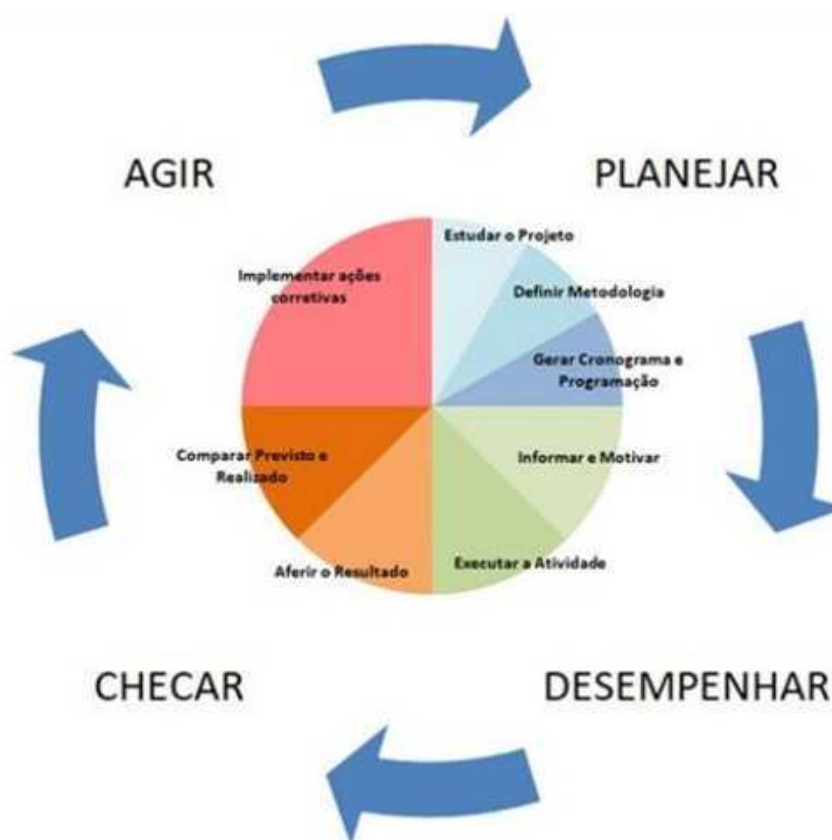
A terceira letra da sigla que ganhou notoriedade por Deming é o “C” referente ao termo “check”, que traduzido representa checar os serviços realizados. Segundo Mattos (2019), é nesta fase que os responsáveis pela administração da obra como engenheiros, mestre de obra, encarregados e até assistentes/estagiários passam ter a obrigação de fiscalizar os serviços realizados para efeito comparativo com aquilo

que foi planejado. Nesta etapa, a aferição das tarefas concluídas permite que se observem, a partir de índices e análise da produtividade, os desvios causados por 46 imprevistos do cotidiano do canteiro e os respectivos impactos no planejamento a curto, médio e longo prazo para toda a obra.

Por fim, portanto, Mattos (2019) conclui afirmando que a última letra da sigla é “A” do inglês “act”, isto é, agir sobre os problemas que apareceram no processo. É a fase onde se promovem as ações corretivas para que o planejamento volte ao rumo esperado. Com a informação de todos os envolvidos se busca a melhoria contínua dos processos e os responsáveis de engenharia observam possíveis empecilhos e dificuldades que culminaram na falta de cumprimento daquilo que foi planejado para o período.

A figura abaixo explica como o Ciclo PDCA atua sobre o desenvolvimento do projeto onde a sequência planejar, desempenhar, checar e agir se repetem em forma de ciclo conforme se iniciam e terminam os serviços no canteiro de obras.

Figura 6 - Ciclo PDCA aplicado ao ciclo de vida de um projeto genérico



Fonte: Adaptado de Mattos (2019)

Portanto, o Ciclo PDCA é composto por quatro quadrantes que formam uma sequência de ações onde se busca manter o controle sobre o planejamento inicial. É um ciclo segundo Mattos (2019) onde se identifica os possíveis erros e se busca corrigir os mesmos antes que o planejamento seja afetado de forma crítica e o cronograma saia do controle. O método permite que ações corretivas e replanejamentos sejam realizados pela equipe diretiva da obra de forma que se identifica o porquê dos problemas em curto ou médio prazo e se propõe soluções para os mesmos serem corrigidos dentro do planejamento de longo prazo. Com a nova definição de planejamento, o ciclo se inicia sucessivas vezes até o final do projeto.

2.3.5.2 Curva S

Outra técnica amplamente difundida para acompanhamento do planejamento e gestão nos canteiros de obras é através da curva “S”. Consiste num método gráfico de comparar o desembolso planejado e o executado ou então o avanço físico dos serviços no canteiro de obras que foi projetado e o que realmente foi executado e, assim, analisar qual o desenvolvimento de cada etapa da obra com o passar dos meses e onde são os pontos críticos cujos quais podem comprometer todo cronograma da obra.

Segundo Toffani (2015), a curva “S” tem esse nome pelo seu formato ser similar a letra em questão e é gerada pela somatória percentual dos custos totais acumulados da obra por uma unidade de tempo, geralmente medida com o passar dos meses, de forma que no planejamento foram determinadas algumas atividades a serem realizadas naquele período onde cada uma delas apresenta um peso em função do custo da obra como um todo. Portanto, com o passar do tempo é possível acompanhar o percentual que foi feito em relação ao percentual estipulado para aquele período e assim identificar ações corretivas para os meses seguintes.

A tabela e o gráfico abaixo ilustram um exemplo hipotético de curva “S” realizada com dados de um avanço físico de obras. A visualização feita desta maneira facilita o planejamento e cria uma ferramenta visual de comparação entre os serviços planejados e os serviços executados para a obra. A análise de uma curva “S” como essas permite que o engenheiro identifique os pontos de desvios existentes e desenvolva medidas corretivas para que a obra retome o seu desenvolvimento conforme o planejamento realizado.

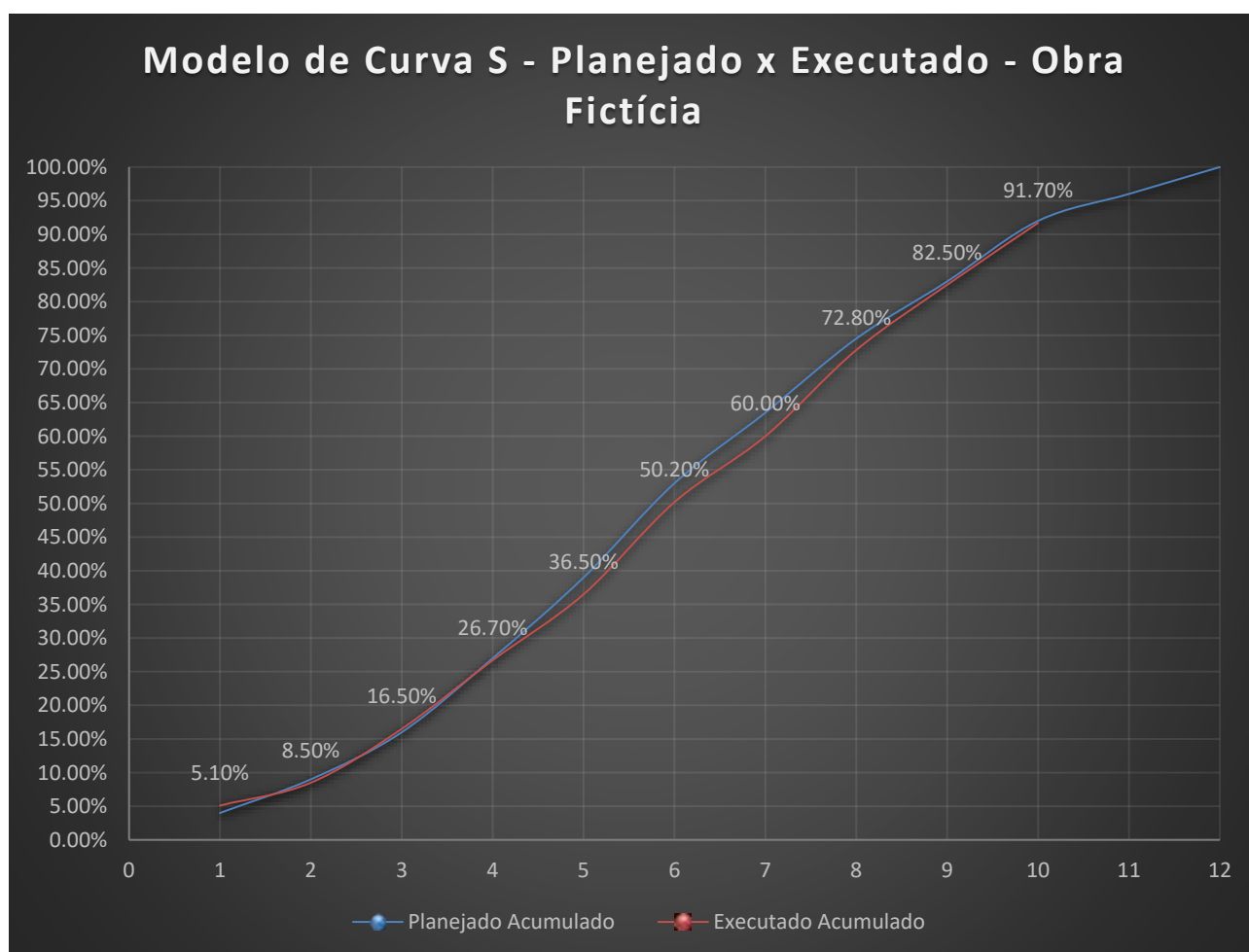
Tabela 5 - Progresso físico planejado x executado da obra

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho
Planejado Acumulado	4,00%	9,00%	16,00%	27,00%	39,00%	53,00%	63,50%
Executado Acumulado	5,10%	8,50%	16,50%	26,70%	36,50%	50,20%	60,00%
Planejado Mensal	4,00%	5,00%	7,00%	11,00%	12,00%	14,00%	10,50%
Executado Mensal	5,10%	3,40%	8,00%	10,20%	9,80%	13,70%	9,80%
Variação Mensal	1,10%	-1,60%	1,00%	-0,80%	-2,20%	-0,30%	-0,70%

	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Planejado Acumulado	74,50%	83,00%	92,00%	96,00%	100,00%
Executado Acumulado	72,80%	82,50%	91,70%		
Planejado Mensal	11,00%	8,50%	9,00%	4,00%	4,00%
Executado Mensal	12,80%	9,70%	9,20%		
Variação Mensal	1,80%	1,20%	0,20%		

Fonte: Adaptado de Nôcera (2015)

Figura 7 - Modelo de curva “S” de um projeto hipotético



Fonte: Adaptado de Nôcera (2015).

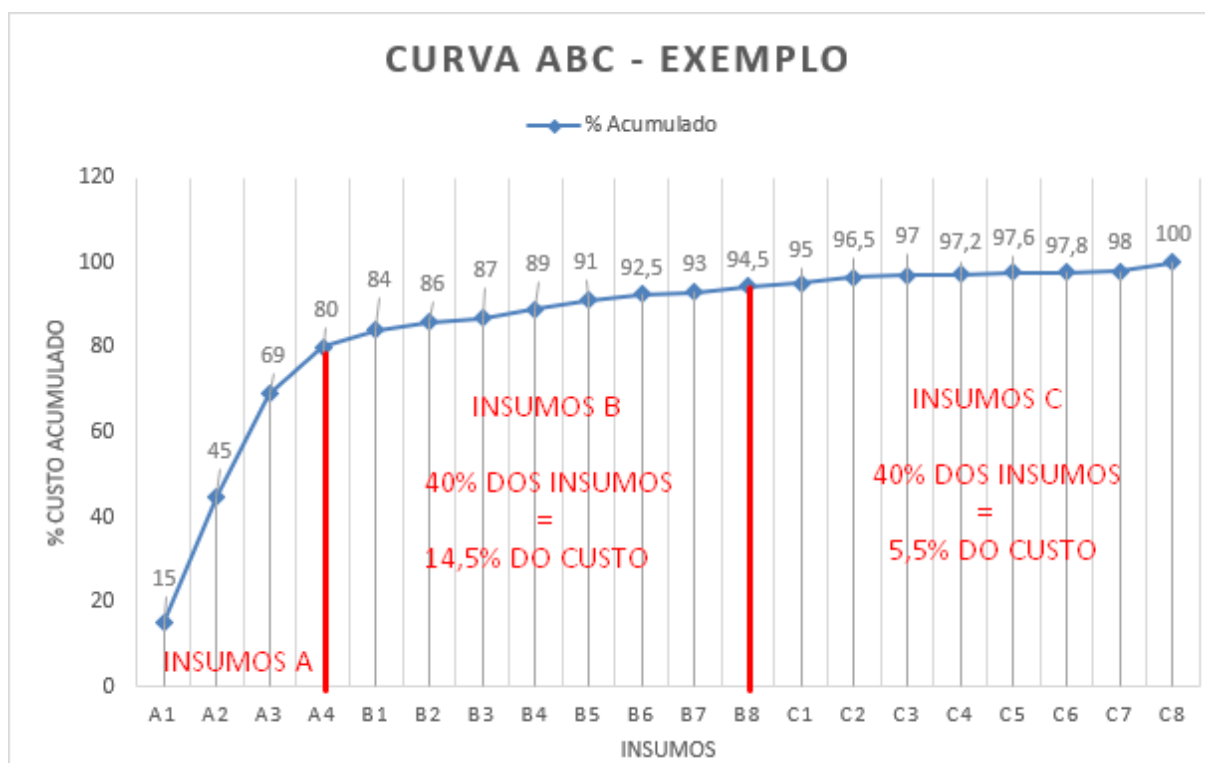
Conforme Nôcera (2015), a curva “S” aplicada na construção civil apresenta tais características uma vez que no início dos serviços é comum aparecerem

imprevistos e é a fase onde as equipes estão se adaptando aos seus respectivos serviços logo a produtividade é costumeiramente reduzida. Entretanto, a fase intermediária apresenta um crescimento relevante em função da sinergia entre os envolvidos e com a adaptação dos mesmos aos processos internos e ao padrão de qualidade exigido. A produtividade, portanto, cai no final da obra em função do desgaste acumulado, a falta de recursos sejam eles materiais, humanos e às vezes até financeiros e do alto índice de detalhes exigidos para atingir o padrão desejado.

2.3.5.3 Curva ABC

Originária a partir do Diagrama de Pareto, onde 20% dos itens representam 80% dos custos, a curva ABC segundo Chiavenato (2014), Slack, Brandon-Jones e Johnston (2020) e Ballou (2006) tem por princípio hierarquizar os recursos, sejam eles insumos ou serviços, de forma a identificar os pontos de maior impacto financeiro sobre a gestão de custos da construção. Para eles, sua utilização como ferramenta de gestão contribui para identificar itens de maior valor ou criticidade, otimizando o armazenamento, controle de qualidade, o planejamento e os fluxos logísticos dentro do canteiro de obras de maneira a reduzir desperdícios, orientar a demanda de negociação sobre os recursos necessários e, simultaneamente, permitir eficiência e competitividade no mercado.

Figura 8 - Exemplo hipotético de curva ABC de insumos em obras



Fonte: Adaptado de Mattos (2006)

Para Siqueira, Melo e Kato (2021) e conforme exemplo hipotético acima, a curva ABC acaba criando subdivisão dos insumos entre insumos A, insumos B e Insumos C. Os insumos A costumam corresponder cerca de 20% dos insumos de toda construção, entretanto representam entre 70 e 80% dos custos acumulados. Os insumos B, segundo os mesmos, variam de 30 a 40% dos itens e correspondem valores próximos de 10 a 20% do total orçamentário. E, por fim, os insumos de classe C, apresentam variação próxima a 40 ou 50% dos insumos totais e respondem por valores entre 5 a 10% dos custos com insumos avaliados para a obra. Portanto, no exemplo apresentado, um engenheiro que negociar assertivamente sobre os insumos A e B acaba por ter negociado sobre 94,5% dos custos acumulados com insumos na construção.

Mattos (2006) define que no contexto orçamentário, a Curva ABC pode ser elaborada tanto com base nos insumos quanto nos serviços previstos, tendo como finalidade evidenciar os elementos que possuem maior representatividade financeira na composição da planilha de custos. Em ambas as abordagens, trata-se de uma ferramenta analítica voltada à hierarquização dos itens segundo sua relevância econômica no orçamento da obra. Para Mattos (2010) a classificação ABC tem

impacto significativo sobre o planejamento físico financeiro da obra e permite alinhar os picos de custo de cada cronograma e a necessidade de estocagem de insumos em cada período da construção.

Limmer (2011) identificou que a utilização da Curva ABC em empreendimentos da construção civil constitui instrumento essencial para a identificação dos insumos que exercem maior influência sobre o custo global da obra. De modo geral, materiais como cimento, aço, argamassas e componentes elétricos tendem a compor a classe A, por concentrarem parcela expressiva do orçamento. Em razão dessa representatividade financeira, demandam planejamento criterioso, controle logístico eficiente, condições adequadas de estocagem e monitoramento sistemático para mitigação de perdas e desperdícios.

Para Souza e Melo (2018) e para Dias (2014), a utilização de curva ABC para análise orçamentária vem se tornando uma prática comum dentre os engenheiros de obras visto que permite a concentração de esforços de negociação com fornecedores chave, otimiza os processos de compra e permite um acompanhamento rigoroso do consumo de determinados materiais. O armazenamento, por exemplo dos itens classificados como A, deve ter acesso controlado, localização privilegiada e abastecimento contínuos para evitar consumo desnecessário, atrasos e retrabalhos.

Tais práticas, dentro de um canteiro de obras, impactam, segundo Souza e Melo (2018), significativamente sobre o resultado financeiro da construção e criam um direcionamento de toda equipe de engenharia sobre quais serviços e insumo devem apresentar uma atenção especial.

Tabela 6 - Aplicações da curva ABC na administração de uma obra

<u>Aplicação</u>	<u>Descrição</u>
Hierarquia dos Insumos	A classificação ABC permite identificar rapidamente os insumos de maior relevância econômica para a obra, como aço, cimento, concreto usinado e sistemas de impermeabilização.
Priorização para Negócios	Insumos da faixa A devem ser priorizados em negociações com fornecedores, considerando prazos, certificações e impacto no cronograma.
Atribuição de Responsabilidades	Materiais críticos (classe A) são geridos por engenheiros ou gestores de suprimentos sob supervisão direta do gerente; itens B e C podem ser controlados por mestres de obra, encarregados, analistas, assistentes e estagiários sobre supervisão e aprovação do engenheiro.
Avaliação de Impactos	Alterações no preço de materiais da classe A influenciam o custo total da obra, exigindo ajustes no orçamento e no planejamento. Negociação de materiais similares em conjunto pode permitir descontos mais relevantes para o orçamento da construção.
Metas de Produção	Materiais da classe A têm relação direta com o ritmo de execução e o caminho crítico da obra, como concretagens e armações, exigindo maior controle de estoque e disponibilidade.
Validação do Orçamento	A Curva ABC permite identificar insumos que exigem maior precisão no orçamento, sobretudo das classes A e B, para garantir assertividade sobre o montante a ser gasto em cada etapa.
Subcontratação	Serviços subcontratados que utilizam materiais de classes A e B exigem maior supervisão para evitar desperdícios.

Fonte: Adaptado de Mattos (2010)

2.4 LEAN CONSTRUCTION (CONSTRUÇÃO ENXUTA)

2.4.1 Histórico e Conceitos do Lean Construction

O Lean Construction, também chamado de construção enxuta, consiste na aplicação do “Lean Thinking”, ou seja, os princípios “Lean”, sobre o ambiente e as atividades da construção civil. Segundo Aziz e Hafes (2013), desde 1950, os japoneses vem evoluindo e aplicando com sucesso o Sistema Toyota de Produção (STP). O STP, também conhecido como “Lean Production” ou produção enxuta,

apresentou de início dois princípios básicos: o Fluxo “Just In Time” (produção de acordo com a demanda) e a Automação (Jidoka ou Automação inteligente) onde um mesmo colaborador tem autonomia de comandar várias máquinas ou processos simultaneamente, reduzindo tempo de ciclos, corrigindo erros e reduzindo desperdícios.

Portanto, segundo Ohno (1988), os efeitos da crise do petróleo em 1973 fizeram a Toyota intensificar a aplicação dos seus princípios, com ampliação e desenvolvimento de novas ferramentas de controle e aplicação, sob o objetivo principal de “aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa dos desperdícios” tendo como retorno um aumento na taxa de lucratividade final de sua produção.

Sendo assim, com a análise da realidade e dificuldades enfrentadas no cotidiano do meio da arquitetura, engenharia e construção civil na década de 1980 e 1990, o finlandês Koskela, em seu trabalho “*Application of the New Production Philosophy to Construction*” (1992), fez a primeira introdução desses princípios na filosofia dos canteiros de obras com a intenção de aplicar esse mesmo objetivo para a gestão das obras. Em seu trabalho ele faz uma explícita crítica aos desperdícios de recursos na metodologia de trabalho tradicional da construção civil apresentando como a aplicação dos princípios “Lean” acarretariam em eficiência, economia e qualidade dentro das atividades do setor da construção.

Para Koskela (1992), o STP consistia em conceitos que buscavam, simultaneamente, a redução de desperdícios e a garantia da qualidade a partir da transformação de um método estatístico de garantia da qualidade para uma abordagem mais ampla, incluindo círculos de qualidade e outras ferramentas para o desenvolvimento e controle de toda a construção, incluindo cada uma das particularidades existentes nas obras, e gerando melhor satisfação dos colaboradores e do cliente final.

Koskela (1992) em seu trabalho mais relevante, o “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”, de 1992, apresenta uma linha de pensamento onde visualiza que os problemas de fluxo mais agudos da construção são causados por conceitos tradicionais de projeto, produção e organização, ou pelas peculiaridades da construção. Portanto, essas questões necessitam de consideração especial. Após examinar as soluções para os problemas causados pelos princípios gerenciais

tradicionais, é analisado o impacto das peculiaridades da construção no controle e na melhoria dos processos.

Nesse contexto, Almeida e Picchi (2018) acreditam que os princípios da Lean Construction vêm passando por contínuo aprimoramento, com o objetivo de ampliar sua efetividade prática nos canteiros de obras, consolidando-se, ao lado da sustentabilidade, como um dos principais direcionadores estratégicos da construção civil contemporânea onde a busca por produtividade, redução de desperdícios e entrega de edificações em plena conformidade com as normas de qualidade se tornaram padrões de boas práticas a todas as empresas do setor.

A completa aplicação do Lean Construction, portanto, necessita de ferramentas e processos cotidianos de responsabilidade atribuída a administração da obra para eficiente controle e maximização dos recursos e da produtividade dos canteiros de obras. Conforme Bueno (2021), a plena eficiência da aplicação do modelo de construção enxuta demanda ferramentas Lean aplicadas na realidade da construção civil como veremos adiante: mapeamento dos fluxos produtivos e atividades de valor, aplicação do *Last Planner System* (LPS), padronização do “*talk time*” como ritmo de produção, criação de células de produção, aplicação do *Kanban* e do 5S e de conceitos de gestão japonesa como o *Jidoka*, para independência do método produtivo, e do *Poka Yoke*, para detecção e correção de erros.

Sendo assim, Koskela (1993) norteou a aplicação de Lean Construction na construção civil através de 11 princípios interdependentes e fundamentais para mapeamento, gestão e melhoria contínua no fluxo de atividades de uma obra:

- a) Redução significativa da parcela de atividades que não agregam valor (Retrabalhos, movimentações indevidas de recursos...)
- b) Aumento do valor do produto por meio da valorização sistemática dos requisitos e necessidades dos clientes
- c) Redução da variabilidade e das incertezas do processo
- d) Redução do tempo de ciclo
- e) Simplificação dos processos através da minimização de etapas, pessoas e partes
- f) Aumento na flexibilidade na execução de um produto
- g) Aumento da transparência e clareza do processo
- h) Foco no controle de todo o processo
- i) Estabelecimento de melhoria contínua e aprendizado com erros

- j) Equilíbrio da Melhoria dos Fluxos com a melhoria dos resultados
- k) Benchmarking para aprendizado com outras equipes, empresas, culturas e consultorias.

Na realidade nacional o Lean ainda não atingiu um estágio de plena aplicação e, conseqüentemente, conforme a consultoria Falconi (2024) evidencia, 65% das obras brasileiras ainda apresentam estouro de custo, onde 41% desse montante é originário na execução da obra, e cerca de 85% das obras apresentam estouro de prazo, onde de 65% desse estouro é advindo de falhas no processo executivo. Sendo assim, é evidente que os objetivos do modelo Lean na construção dependem diretamente do desenvolvimento de habilidades gerenciais de planejamento, controle e gestão com uma visão sistêmica de enfoque principal em produtividade e de aprendizado coletivo. Diante dessa deficiência apontada, a aplicação efetiva das ferramentas lean pode acarretar diretamente sobre a eficiência produtiva do setor gerando saúde financeira para construtoras e incorporadoras aumentarem seus investimentos e aquecerem o mercado.

2.4.2 Ferramentas do Lean Construction

2.4.2.1 Last Planner System (LPS)

O método *Last Planner System*, segundo Olivieri, Granja e Picchi (2015), possui 5 elementos principais: planejamento master (global), planejamento faseado, planejamento de médio prazo (*look-ahead*), planejamento de curto prazo e percentual de pacotes completos com análise das razões das tarefas incompletas.

Para Kim e Ballard (2010), o Last Planner System (LPS) parte do pressuposto de que as atividades previstas no planejamento estão sujeitas a variabilidades e condicionantes que podem impedir seu início ou sua conclusão dentro do prazo estipulado. Entre esses fatores encontram-se limitações relacionadas à disponibilidade adequada de recursos, bem como ao atendimento de pré-requisitos necessários à execução dos serviços. Tais restrições e incertezas são identificadas e tratadas no âmbito do planejamento de médio prazo, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do plano de produção. Além disso, cada atividade liberada para execução deve possuir um responsável pela condução operacional e um responsável técnico vinculado, assegurando a conformidade e a qualidade da execução.

A aplicação do LPS nos canteiros de obras é caracterizada como uma metodologia Lean visto que cria previsibilidade dos acontecimentos a curto e médio prazo podendo existir planejamento na entrega de materiais, entrega e instalações de ferramentas, distribuição de equipes ou responsabilidades, melhorando a logística e reduzindo os desperdícios ocultos do canteiro. Visto que o modelo incentiva o envolvimento dos executores e subcontratados no planejamento, existe uma preocupação coletiva não só com prazos, mas também com a disponibilidade de recursos, terminalidade de serviços anteriores e a liberação das atividades na data planejada.

A previsão de curto e médio prazo é feito através do plano Lookahead e os planejamentos semanais respectivamente. O primeiro realiza uma análise dos serviços previstos no cronograma macro e possibilita a previsão da disponibilidade de recursos ou possíveis restrições das atividades dos próximos 60 ou 90 dias. Já o planejamento semanal visa detalhar esse planejamento de médio prazo em pequenas metas diárias para entendimento de qual serviço cada equipe deve executar em cada dia da semana para atendimento do planejamento macro.

Portanto, segundo Bueno (2021), com a definição das atividades que devem acontecer é possível estabelecer um indicador de curto prazo denominado Porcentagem do Plano Concluído ou Percentual de Pacotes Concluídos (PPC). Ao final de cada semana é possível, portanto, identificar quais atividades realmente foram concluídas e, para as atividades pendentes, entender quais foram as limitações e restrições existentes de forma a realizar um plano de ação imediato para executá-la.

Desta forma, o LPS é extremamente vantajoso principalmente para empreendimentos e setores que apresentam atividades repetitivas pois permite a liberação sequencial de cada uma das etapas. O LPS segundo Olivieri, Granja e Picchi (2015) possibilita o desenvolvimento de um planejamento estratégico reduzindo as limitações executivas, administrando as variabilidades e direcionando tratamento a cada uma das incertezas e imprevistos que aparecem ao longo do processo executivo.

2.4.2.2 Kanban

O Kanban desenvolvido pela Toyota em meados da década de 1950 foi posteriormente incorporada a metodologia Lean no intuito de melhorar a gestão de forma visual e direcionar a produção tornando clara a evolução da obra por meio de processo em processo. Kanban consiste em uma palavra japonesa que significa

“cartão” ou “sinal visual” e é aplicada nos canteiros de obras, segundo Bueno (2015), para controle de estoque ou controle visual dos serviços a serem realizados, em andamento e concluídos.

Para Koskela (1992) e Womack e Jones (2004), o controle produtivo por meio do quadro Kanban, é vantajoso pois dissemina a gestão ágil dentro do canteiro de obras, ao subdividir as etapas em serviços menores, e permite a possibilidade do entendimento coletivo sobre as necessidades existentes para cumprimento adequado do processo construtivo e, com isso, cria autonomia sobre a tomada de decisão por parte dos funcionários para que o objetivo macro seja atendido. Com a clareza da equipe quanto as necessidades individuais e coletivas e também quanto as próximas etapas a serem seguidas, Formoso et al (2014) entende que cabe ao líder, responsável ou gestor da produção a administrar para que essa tomada de decisão esteja realmente alinhada as prioridades existentes e organizar as equipes para que todas as tarefas sejam atendidas.

Figura 9 - Modelo de quadro Kanban para controle produtivo



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

O modelo de quadro Kanban para controle produtivo, pode ainda atingir níveis de detalhamento mais complexos a ponto de apresentar colunas de serviços atrasados ou paralisados identificando de forma visual os motivos para isso ter acontecido. Além disso, para Ballard (2000), Womack e Jones (2004), o modelo proposto alinhado ao planejamento semanal detalhado pode propiciar um nível de organização para que no quadro Kanban cada uma das atividades apresente o nome

do responsável por executar, o nome do gestor que vai fiscalizar e conferir a qualidade do serviço assim como o responsável por aprovar serviço quando finalizado. Para integração ao planejamento e cronograma existente é fundamental que as etiquetas apresentem as datas de início e término previstas em comparação com as datas de início e término realizadas. Para visualização mais complexa dos pontos de atenção pode-se adotar diferentes cores conforme a atividade estar sendo concluída no prazo ou estar atrasada.

Figura 10 - Modelo genérico de detalhamento de etiqueta/cartão para quadro Kanban

ATIVIDADE:	REBOCO		LOCAL:	TÉRREO	
			QNTD:	22M²	
EXECUTADO POR:	JOÃO		FUNÇÃO	PEDREIRO	EMPRESA X
CONFERÊNCIA POR:	SERGIO		FUNÇÃO:	MESTRE DE OBRAS	EMPRESA Y
DATA DE INICIO PREVISTA	14/01/2026	DATA DE INICIO EXECUTADA:		15/01/2026	
DATA DE TÉRMINO PREVISTA	16/01/2026	DATA DE TÉRMINO EXECUTADA:		17/01/2026	
OBSERVAÇÕES:	ATIVIDADE ATRASOU INICIO EM FUNÇÃO DO ATRASO NA ENTREGA DA ARGAMASSA				

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Assim, Sutherland (2016) enfatiza que sistemas ágeis utilizam indicadores visuais detalhados para comunicar o status das atividades de forma simples e objetiva. O Quadro Kanban com nível de detalhamento proposto permite a completa integração da gestão ágil com o planejamento semanal. Cada uma das atividades acaba sendo atribuída a um responsável, com tempo de duração e data de término previstas, em cada uma das semanas a ponto de por meio de uma rápida gestão visual conseguir visualizar onde estão os pontos de falha de produtividade ou as restrições que podem impactar diretamente na sequência construtiva.

Segundo Bueno (2015) a aplicação do Kanban para controle de estoque também é comum dentro dos almoxarifados e consiste na disponibilização de um quadro para gestão de estoque de forma colaborativa entre os encarregados da obra. Neste quadro, definem-se quais são os materiais utilizados em cada etapa da obra que está em andamento e os trabalhadores alocam os cartões de acordo com três níveis. O primeiro nível consiste no nível verde e indica que o volume de material presente na obra atende as necessidades executivas. O segundo nível, o amarelo, é

um indicativo que o estoque se aproxima de um nível crítico e deve-se correr atrás de reposição para que não falte materiais no momento da execução. E o nível vermelho indica necessidade de providências urgentes para que o serviço não seja paralisado em função da falta de material.

2.4.2.3 Jidoka

Tradicionalmente reconhecido como Automação, uma mistura de autonomia e automação, o Jidoka, segundo Ghinato (2006), representa a diminuição da dependência humana sobre a capacidade produtiva das máquinas visto que o papel do colaborador seria de supervisionar a produção e controlar a qualidade daquilo que é produzido apresentando, assim, autonomia para tomada de decisão quando um desses pilares se apresenta fora do contexto esperado. Entretanto, o conceito não restringe apenas a automação de máquinas com toque humano, o próprio autor referenciado acaba por evidenciar que o conceito é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar, em sua causa raiz, qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção a partir da participação coletiva sobre o controle de qualidade e produção impedindo, assim, a reincidência e a queda de produtividade.

Conforme Kemmer et al (2006), na construção civil, a implementação do Jidoka pode ser interpretada de forma diferente do ambiente manufatureiro, dada a elevada dependência de mão de obra manual e a variabilidade do canteiro. Em estudos sobre Lean Construction, autores apontam que os operários têm papel ativo na identificação de anomalias e na ativação de mecanismos de suporte para resolver problemas, o que aumenta a autonomia e fortalece a qualidade no processo construtivo. Essa adaptação posiciona o Jidoka não apenas como uma ferramenta tecnológica, mas como uma atitude e cultura organizacional que valoriza os colaboradores como membros ativos da construção incentivando os mesmos a sempre buscar resolução imediata das anomalias e encontrar formas de replicar a prevenção de falhas.

Entretanto, a difusão dessa cultura organizacional enfrenta alguns desafios constantes. Segundo KPI Fire (2025) e Cunha (2021), a aplicação completa do Jidoka sobre a construção civil é prejudicada em função dos canteiros serem pouco automatizados e não contarem com equipamentos que não suportam sensores ou

sistemas de detecção uma vez que a produção é majoritariamente humana e artesanal. Tal contexto é prejudicial do âmbito da produtividade uma vez que cria dependência humana sobre o processo produtivo e nem todos os profissionais apresentam a capacitação para identificar as anomalias corretamente e tomar a decisão de modo assertiva.

Assim, Cunha (2021) também exemplifica que a pressão para manter o andamento das atividades sem interromper tarefas que apresentam problemas pode ser visto como “atraso” por gestores que não têm visão Lean de maneira que a equipe produtiva deixe que a tomada de decisão parta apenas da equipe administrativa das obras e as anomalias se propaguem por um espaço de tempo maior e com um maior desperdício de recursos.

Portanto, Cunha (2021) entende que a implementação completa do Jidoka sobre os canteiros de obras passa pelo investimento em capacitação profissional dos colaboradores para que eles entendam o processo produtivo por completo e criem a autonomia de tomada de decisões. A mudança da cultura organizacional dentro do canteiro de obras deve acontecer de forma gradual onde os funcionários de maior conhecimento produtivo vão assumindo pequenas lideranças dentro do escopo de serviço e incentivam seus colegas a se desenvolverem para assumir o mesmo papel.

2.4.2.4 Poka Yoke

Para Vidor e Saurin (2011), diferentemente do Jidoka e intrinsicamente ligado aos conceitos de qualidade, o Poka Yoke é um conceito japonês de melhoria do processo de fabricação que se baseia na concepção filosófica de que seres humanos são naturalmente suscetíveis a erros e, por isso, visa anteceder o surgimento de problemas desde sua causa raiz para evitar que os mesmos aconteçam repetidas vezes, ou seja, evidenciam a necessidade de atuar coletivamente e de forma padronizada sobre a prevenção de problemas, defeitos e perdas de qualquer natureza.

Sendo assim, para Cunha (2021) o Poka Yoke aplicado ao Lean Construction assume o papel estratégico de detectar, ainda na fonte, os erros cometidos dentro do canteiro de obras de forma a aumentar a produtividade, evitar retrabalhos e desperdícios comuns. É um conceito comumente interligado a segurança do trabalho visando garantir um ambiente para que o trabalhador tenha

produtividade de modo seguro ao antecipar riscos antes do início do processo produtivo.

Estes mecanismos, segundo Genestretti (2018) e Moreira (2022) podem ser aplicados por meio de geração de ferramentas padrões como gabaritos de carpintaria, padronização de insumos de segurança como guarda-corpos de varandas ou então checklists de conferência do processo. Esses dispositivos ajudam a institucionalizar o autocontrole da qualidade e da segurança pelos operários, fomentando uma cultura de prevenção em vez de correção posterior. A dificuldade relatada, entretanto, é de que nem todos os processos de um canteiro de obras conseguem ser padronizados desta maneira sendo necessária a criação de vários modelos para atendimento das diferenças existentes entre ambientes ou pavimentos, por exemplo, podendo afetar, assim, o ritmo e flexibilidade de trabalho.

Para Cunha (2021), a aplicação do Poka Yoke é beneficiada quando incorporada a outras ferramentas do Lean Construction como o fluxo de valor, 5S e o LPS. Para ele a aplicação em conjunto com os sistemas de gestão da qualidade e sistemas visuais, como a sinalização Andon, onde o trabalhador aciona o suporte da equipe administrativa de forma rápida e visual, podem gerar ganhos gerenciais e uma participação ativa dos operários sobre o controle de qualidade da produção e sobre a segurança de todo processo produtivo.

2.4.2.5 Kaizen

Para Bueno (2021), o conceito de *Kaizen* corresponde à implementação de práticas de melhoria contínua por meio da análise e do mapeamento dos processos. Esses procedimentos permitem aumentar a previsibilidade das atividades que necessitam de aperfeiçoamento e estruturam mecanismos de monitorização constante. Assim, torna-se possível identificar e corrigir potenciais problemas de forma antecipada, evitando que evoluam para falhas que gerem retrabalho. Para Imai (1997), Kaizen é um processo sistemático de aperfeiçoamento que envolve toda a organização e busca eliminar desperdícios, melhorar a qualidade e otimizar fluxos produtivos.

No setor da construção civil, caracterizado pela elevada dependência de mão de obra, Koskela (1992) entende que o Kaizen se destaca como um importante instrumento de melhoria contínua dos processos produtivos, especialmente em razão

da variabilidade inerente às atividades e das frequentes descontinuidades no fluxo de trabalho que marcam esse segmento.

Assim, Ballard e Howell (2003) argumentam que a melhoria contínua é inerente ao *Last Planner System*, sistema amplamente utilizado em Lean Construction, e que práticas de Kaizen são essenciais para dar suporte às revisões semanais de desempenho e à identificação sistemática de restrições. Dessa forma, o Kaizen integra processos de planejamento, controle e retroalimentação do sistema produtivo. Para os mesmos autores, portanto, o Kaizen é aplicado como estratégia para aumentar eficiência, reduzir desperdícios e promover aprendizado contínuo nos canteiros de obras visto que promove dentro do ciclo produtivo a cultura constante de identificação de problemas, análise do fluxo produtivo, intervenção imediata sobre intercorrências e padronização dos aprendizados extraídos do processo de identificação e correção de problemas.

Isto posto, Formoso e Tzortzopoulos (1998) destacam a importância do envolvimento ativo da mão de obra operacional para o funcionamento dos conceitos Kaizen, sobre a identificação dos problemas e a proposição de soluções do ponto de vista prático daqueles que rotineiramente lidam de forma direta com a produção. A aplicação do Kaizen é realizada por meio de reuniões periódicas de mapeamento de processos e experimentação de melhorias pontuais em ciclos curtos que, se validadas, são padronizadas. Este engajamento contribui não apenas para aumentar a produtividade, mas também para desenvolver uma cultura organizacional baseada na colaboração e na responsabilidade compartilhada.

A adoção da filosofia Kaizen, na visão de Kemmer et al (2006), produz efeitos concretos e passíveis de mensuração sobre os indicadores de desempenho na construção civil. Estudos conduzidos no âmbito do International Group for Lean Construction (IGLC) demonstram que práticas sistemáticas de melhoria contínua favorecem a redução do tempo de ciclo das atividades produtivas, o aprimoramento das condições de segurança nos canteiros de obras e a mitigação de desperdícios de materiais ao longo das etapas construtivas.

Em síntese, para Bueno (2021), Ballard e Howell (2003) e Formoso e Tzortzopoulos (1998) a aplicação do Kaizen na construção civil representa um caminho eficiente para aumentar a qualidade, reduzir desperdícios, engajar equipes e tornar os processos mais estáveis. A construção civil, ao adotar o Kaizen, sob integração continua a outras ferramentas Lean como 5S, Poka Yoke, Last Planner

System estrutura um modelo que favorece a administração dos recursos e da qualidade avançando para uma gestão mais previsível, produtiva e colaborativa, com foco em aprender continuamente, corrigir desvios com rapidez e desenvolver soluções simples que geram impactos significativos no desempenho das obras.

2.4.2.6 Sistema 5S

Kuklare e Hedao (2017) definem a metodologia 5S como a compreensão de cinco conceitos japoneses como uma prática relevante para a gestão de canteiros de obras, oferecendo um processo sistemático para organizar o ambiente físico, otimizar recursos e estruturar rotinas produtivas.

Para Souza, Marques e Santos (2019), os conceitos da metodologia 5S podem ser definidos por:

- I. **Seiri (utilização)**: separação do que é útil do inútil e eliminação do que é desnecessário;
- II. **Seiton (arrumação)**: ordenação do ambiente de trabalho, colocando cada item no seu lugar sob a correta identificação;
- III. **Seiso (limpeza)**: rotina para manutenção do local de trabalho limpo e organizado;
- IV. **Seiketsu (saúde e higiene)**: manutenção para um ambiente de trabalho favorável à execução das tarefas, usando os equipamentos adequados de segurança e garantindo a saúde dos trabalhadores;
- V. **Shitsuke (autodisciplina)**: garantir que todos os itens anteriores sejam executados de forma correta e contínua criando senso de responsabilidade individual sobre cada colaborador.

Para Ferreira et al (2025) a implementação do 5S em obras de construção civil resultou em melhorias perceptíveis na organização, na diminuição de desperdícios e na segurança dos trabalhadores, apontando a metodologia como instrumento eficaz para a gestão da qualidade contínua no setor. O 5S contribui para a padronização de processos e para o estabelecimento de uma cultura organizacional mais disciplinada e consciente. A uniformização de procedimentos de limpeza, organização e manutenção do espaço de trabalho favorece a previsibilidade operativa, auxilia diretamente sobre o controle do estoque de recursos, reduz a possibilidade de acidentes, reduz erros de execução e, conseqüentemente, minimiza retrabalhos.

Assim, conforme estudo de Sousa, Campos e Maciel (2020) a respeito de uma revisão sistemática sobre a influência dos princípios da construção enxuta na produtividade da mão de obra obteve-se a conclusão que técnicas como o 5S, quando aplicadas em conjunto a outras práticas Lean, promovem ganhos significativos de produtividade em canteiros de obras.

Já Silva (2020) retrata que além dos ganhos imediatos em eficiência, qualidade e segurança, a implantação sistemática do 5S pode favorecer também a sustentabilidade e a gestão racional de recursos. Seu estudo evidencia que, em uma empresa de construção civil, a adoção contínua do 5S contribui para a redução de desperdícios, racionalização do uso de materiais e promoção de uma cultura organizacional voltada à gestão ambiental e à responsabilidade socioambiental.

Sendo assim, Ferreira et al (2025) e de Sousa, Campos e Maciel (2020) deixam evidente que a adoção do 5S na construção civil configura-se como uma estratégia eficaz de gestão, capaz de aprimorar organização, produtividade, segurança, qualidade e sustentabilidade nos canteiros. Quando implantado de forma consistente e aliado a uma cultura de disciplina e melhoria contínua, o 5S se torna um diferencial competitivo e contribui significativamente para o sucesso das obras.

2.4.2.7 Técnica dos 5 Porquês

Segundo o Lean Enterprise Institute no artigo “5 Whys – What is it?” a técnica dos 5 porquês consiste em questionar repetidamente “por que?” sempre que um problema ou desvio de padrão é identificado, com o objetivo de questionar as respostas anteriores, ultrapassar sintomas aparentes e atingir a causa-raiz do problema. Essa abordagem, foi iniciada no sistema de produção da Toyota e integrada à filosofia Lean Construction, tornando-se uma ferramenta essencial de análise de causa raiz das intercorrências existentes. No contexto da construção civil, o uso dos 5 Porquês permite que equipas de obra identifiquem falhas recorrentes como atrasos, retrabalhos, desperdício de materiais ou incidentes de segurança, não apenas pelos seus efeitos visíveis, mas pelas causas estruturais subjacentes ao processo.

Para o Myszewski (2013), ao focar em processos e não em pessoas, o 5 Porquês favorece a padronização de procedimentos e o aprendizado coletivo, contribuindo para a estabilidade e melhoria contínua dos processos construtivos auxiliando diretamente sobre detecção de falhas no sistema de trabalho, planejamento inadequado, falhas no planejamento de estoque, recepção, armazenamento ou

transporte de materiais ou lacunas nas práticas de manutenção e supervisão de ferramentas e equipamentos.

Assim, o Lean Enterprise Institute no artigo “The Five Whys” de Michael Ballé em 2012 ressalta que a efetividade da técnica depende da participação de pessoas com conhecimento do processo, disposição para análise crítica e honestidade nas respostas. A profundidade e a qualidade das perguntas e respostas influenciam diretamente a identificação correta da causa raiz. Em contrapartida, essa técnica dos 5 porquês é considerada uma ferramenta acessível e poderosa para gestão de obras pois direciona a atenção para causas reais de problemas, apoia a colaboração e promove correções estruturais no processo, contribui para a melhoria da produtividade, da qualidade, da segurança e da eficiência dos empreendimentos.

2.4.2.8 Mapeamento dos Fluxos de Valor (VSM) e *Takt Time*

Segundo Rother e Shook (2003), o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), também conhecido por *Value Stream Mapping* (VSM) tem por objetivo analisar de forma integrada o fluxo de atividades, materiais e informações em processos produtivos. Seguindo a linha de raciocínio desses autores, o MFV consiste em uma representação gráfica das etapas necessárias para a entrega de um produto ou serviço identificando ao longo do processo quais são as atividades que agregam valor e aquelas que geram desperdícios

O *Takt Time* é definido por Rother e Shook (2003) como o compasso da produção e orienta a sincronização das atividades, garantindo que o fluxo produtivo opere de forma contínua e previsível funcionando, portanto, como o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cronograma ou do cliente.

Frandsen et al (2013) destacam que o *Takt Time* contribui para a padronização dos fluxos mapeados pelo MFV, ao definir tempos de execução mais uniformes e facilitar a visualização de gargalos operacionais. Ao relacionar o MFV ao *Takt Time*, evidencia-se que o mapeamento dos fluxos de valor fornece a base visual e analítica para compreender o fluxo produtivo, enquanto o *Takt Time* estabelece o ritmo necessário para que esse fluxo opere de forma nivelada. A combinação dessas ferramentas potencializa a capacidade de gestão, contribui para a melhora do desempenho operacional e reforça uma cultura de planejamento orientada ao valor.

Para Koskela (1992) o MFV está alinhado aos princípios da filosofia Lean, ao proporcionar uma visão sistêmica do processo produtivo da construção civil,

caracterizado por variabilidade, múltiplas frentes de trabalho e necessidades constantes de coordenação entre equipes, e simultaneamente auxiliar na identificação de desperdícios, tais como esperas, retrabalhos, transportes desnecessários e excesso de movimentação. Isto posto, Ballard e Howell (2003) enfatizam a possibilidade de potencializar os resultados do MFV ao combinar os mesmos às outras ferramentas Lean como Last Planner System e gestão visual visto que ambas auxiliam também na priorização de melhorias, ao fornecer dados visuais e objetivos que facilitam a tomada de decisão

Conforme apontado por Formoso et al. (2012), o uso do MFV contribui para antecipação de problemas quanto a integração entre as fases e equipes subsequentes do projeto, possibilita a redução nos tempos de ciclo e otimiza os fluxos de informação para que a equipe administrativa tenha domínio do processo e o desempenho produtivo seja favorecido. Em síntese, o Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta fundamental no Lean Construction, proporcionando maior eficiência, transparência e racionalização dos processos construtivos. Seu uso sistemático apoia a gestão na identificação de desperdícios, na implementação de melhorias contínuas e na construção de sistemas produtivos mais estáveis, colaborativos e orientados ao valor.

Apesar dos benefícios, a implementação do MFV na construção civil enfrenta desafios importantes. Salem et al. (2006) identificam dificuldades como a resistência à mudança por parte das equipes, a falta ou dificuldade de padronização dos processos dentro das equipes produtivas, a ausência de dados confiáveis sobre tempos de ciclo e fluxos de trabalho. Além disso, a característica dinâmica e variável dos canteiros de obras pode exigir revisões constantes do mapeamento, o que torna o processo mais complexo.

2.4.2.9 Células de Produção

Womack e Jones (1996) e Liker (2004) descrevem o conceito de Células de Produção como uma ideia originada no contexto da manufatura enxuta com busca por maior eficiência produtiva. Esse modelo reorganiza o fluxo produtivo em unidades independentes e especializadas, com o objetivo de reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e melhorar o desempenho global das operações. Miranda e Mota (2017) apontam que nas últimas décadas existe uma crescente competitividade no setor da construção civil e uma intensificação do processo industrial nas obras de maneira que

a aplicação das células de produção se torna pilares para empresas que buscam excelência operacional.

Para Ballard e Howel (2003) a aplicação do pensamento enxuto à construção civil tem sido vista como uma estratégia para superar a baixa produtividade histórica do setor e aumentar a previsibilidade dos processos. Nesse contexto, Ortega e Zanutto (2020) apontam que as células de produção consistem na organização do canteiro em atividades ou segmentos específicos, nos quais equipes multidisciplinares trabalham de forma sincronizada e contínua, realizando etapas complementares dentro de um mesmo fluxo operacional.

Santos e Amorim (2019) fortalecem que essa estrutura fomenta autonomia, padronização e alinhamento entre trabalhadores, favorecendo o controle de variáveis críticas como tempo, qualidade e segurança e permitindo uma produção mais alinhada, ou seja, com menos desperdícios e mais produtividade.

Assim, Koskela (2000) e Ballard e Howel (2003) apresentam as células de produção de modo a transformar o canteiro de obras em um sistema mais estável e previsível. Para isso, cada célula é responsável por um conjunto de atividades que compõem etapas do processo construtivo, operando com equipe especializada, ritmo definido, comunicação direta e materiais disponibilizados conforme necessidade.

De acordo com Rother e Harris (2002), a célula é um arranjo de pessoas (mão de obra), máquinas, materiais e métodos (4Ms), em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem sequencial, através do qual as partes são processadas em fluxo contínuo (ou em alguns casos, de forma consistente com lotes pequenos mantidos em toda a sequência das etapas do processo).

Isto posto, Ballard e Howell (1998), destacam que a construção civil apresenta um cenário diferente da manufatura uma vez que o produto não passa pelas estações de trabalho. No caso das obras, as equipes de cada uma das células devem trabalhar em torno do produto com as atividades dispostas de forma sequencial visto que a edificação apresenta dimensões, peso e características que inviabilizam o método tradicional.

Sendo assim, Santos e Amorim (2019), Ortega e Zanutto (2020) e Miranda e Mota (2017) apontam, dentre esse conceito produtivo, as suas seis principais características:

- I. **Fluxo Contínuo:** As atividades são sequenciadas reduzindo interrupções e tempo de espera

- II. **Equipes fixas e multidisciplinares:** dominam todo o processo e executam as atividades da célula do início ao fim. A repetição da atividade permite especialização da equipe e aumento na produtividade
- III. **Takt time:** Acarreta num ritmo padronizado que aumenta a previsibilidade das atividades subsequentes
- IV. **Baixa Variabilidade:** Redução nos erros, retrabalhos e gargalos
- V. **Gestão visual e comunicação rápida/assertiva:** Entendimento do processo permite um alinhamento mais rápido com a identificação das inconsistências e pontos de melhoria
- VI. **Planejamento Colaborativo:** O entendimento coletivo do processo permite um planejamento mais assertivo com a participação de todos os envolvidos proporcionando a disseminação da cultura de melhoria contínua e uma medição do desempenho das equipes ciclo após ciclo.

A adoção do arranjo celular na manufatura apresenta ganhos operacionais relevantes, conforme evidenciado por Pattanaik e Sharma (2009), ao analisar a implementação do layout celular sob a ótica da produção enxuta. Entre os principais benefícios observados destacam-se a redução dos tempos de setup, a diminuição dos estoques em processo, a redução do lead time produtivo e a consequente redução de custos operacionais. Além disso, verificam-se melhorias relacionadas à racionalização do uso de materiais, ao aumento da qualidade dos produtos e à simplificação das atividades de planejamento e controle da produção, em função da maior fluidez do fluxo produtivo e da melhor organização dos postos de trabalho

Entretanto, por se tratar de um setor extremamente conservador, Miranda e Mota (2017) e Santos e Amorim (2019) evidenciam alguns empecilhos a plena implantação do conceito. Para esses autores, a mudança exige capacitação intensiva das equipes, muitas vezes negligenciada por construtoras em função da resistência cultural oriunda dos modelos tradicionais de gestão. Empresas com estruturas hierárquicas tradicionais tendem a apresentar resistência cultural à autonomia das equipes e à colaboração intensiva exigida pelo modelo.

Ballard e Howell (2003) e Ortega e Zanutto (2020) apresentam outras dificuldades que o setor da construção civil convive na aplicação do conceito de Células de Produção. Para eles o sucesso desse modelo passa intrinsecamente por um planejamento detalhado, abastecimento contínuo e ritmo padronizado visto que a

partir da falta de um desses itens o fluxo produtivo já passa a ser prejudicado. Além disso, é ressaltado por eles que na construção civil a eficiência das células pode ser prejudicada diretamente pela falta de logística adequada no canteiro de obras, pela dificuldade de trabalhar em espaços otimizados e de forma sequencial nos serviços e, por fim, pela falta de fluxo de materiais ordenado ou por um fluxo de informações inconsistentes.

2.4.2.10 Total Productive Maintenance (TPM)

Nakajima (1988) contextualiza que o Total Productive Maintenance (TPM) constitui uma abordagem de gestão da manutenção originada no Japão e consolidada no contexto do Sistema Toyota de Produção, cuja finalidade central é elevar ao máximo a eficiência global dos equipamentos. Para isso, fundamenta-se na eliminação sistemática de perdas, na prevenção contínua de falhas e na participação integrada de todos os níveis da organização nas atividades de manutenção.

No âmbito da construção civil, a aplicação do TPM assume particular relevância devido à elevada dependência de máquinas, equipamentos e ferramentas, cuja indisponibilidade pode gerar atrasos, retrabalhos, aumento de custos e desperdícios, contrariando os princípios da Lean Construction. Segundo Koskela (1992), a Lean Construction busca a melhoria do desempenho dos sistemas produtivos por meio da redução de atividades que não agregam valor, da estabilização dos processos e da criação de fluxo contínuo, sendo a confiabilidade dos recursos produtivos um fator crítico para atingir esses objetivos.

Nakajima (1998) reforça que a aplicação do TPM no contexto da construção civil contempla a adoção de práticas estruturadas, dentre as quais se destacam a manutenção autônoma, caracterizada pela participação direta dos operadores em atividades de inspeção periódica, limpeza e ajustes simples dos equipamentos, a manutenção planejada, fundamentada em intervenções preventivas e preditivas programadas, e a melhoria focada, voltada à identificação e eliminação sistemática das causas predominantes de falhas e perdas recorrentes no processo produtivo. Para Formoso et al (2011) essas práticas estão diretamente alinhadas aos princípios da Lean Construction, pois contribuem para a redução da variabilidade, aumento da previsibilidade das atividades e melhoria da estabilidade dos processos produtivos nos canteiros de obras. Ademais, ao reduzir ocorrências de falhas inesperadas e interrupções não planejadas nos equipamentos, o TPM, para Ballard e Howell (2003),

contribui para maior estabilidade do sistema produtivo, favorecendo a aderência aos planos de produção. Essa condição reforça a efetividade de instrumentos como o Last Planner System (LPS), amplamente empregado na Lean Construction como o principal método de planejamento colaborativo e controle da produção, permitindo maior previsibilidade das atividades e das demandas futuras no canteiro de obras

Outro aspecto relevante da aplicação do TPM na construção civil é o impacto positivo na segurança do trabalho e na qualidade, uma vez que equipamentos bem mantidos apresentam menor probabilidade de acidentes e defeitos construtivos. De acordo com Ohno (1997), a eliminação de desperdícios está intrinsecamente ligada à criação de ambientes de trabalho seguros e eficientes, princípio que se reforça quando o TPM é integrado às práticas Lean. Assim, a adoção do TPM no setor da construção civil não deve ser vista apenas como uma estratégia de manutenção, mas como um elemento estruturante da Lean Construction, contribuindo para a melhoria contínua, o aumento da produtividade e a sustentabilidade dos empreendimentos.

2.4.3 BIM e IA aplicados ao *Lean Construction*

A integração entre *Lean Construction*, *Building Information Modeling* (BIM) e Inteligência Artificial (IA) representa uma evolução sistêmica na gestão da produção na construção civil, ao combinar filosofia gerencial, modelagem digital e análise preditiva de dados. Diferentemente da abordagem tradicional, centrada apenas na transformação de insumos em produtos, Koskela (1992) propõe, através do *Lean Construction*, um modelo conceitual que integra três dimensões fundamentais: transformação, fluxo e valor. Essa ampliação analítica permite compreender perdas associadas a interrupções, retrabalhos, estoques excessivos e atividades que não agregam valor, problemas recorrentes nos canteiros de obras.

No campo do planejamento e controle, Ballard (2000) desenvolveu, juntamente aos conceitos Lean aplicados a construção civil, o *Last Planner System* (LPS) como mecanismo para aumentar a confiabilidade dos cronogramas por meio de planejamento colaborativo e gestão de restrições. Segundo Ballard e Howell (2003), a previsibilidade operacional depende da remoção prévia de impedimentos e da formalização de compromissos entre os agentes envolvidos, reduzindo a variabilidade e promovendo estabilidade no fluxo produtivo. Para eles, os engenheiros civis responsáveis por obras complexas, devem apresentar uma mudança de postura, ou

seja, migrar do controle reativo para o gerenciamento preventivo e colaborativo dos serviços a serem realizados.

Eastman et al. (2011) definem o BIM como um modelo digital paramétrico que concentra informações geométricas e não geométricas da edificação, permitindo coordenação multidisciplinar e suporte à tomada de decisão ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. O National Institute of Building Sciences (2015) reforça que o BIM estabelece padrões de interoperabilidade e organização de dados que viabilizam maior integração entre projetistas, construtores e gestores.

Assim, a literatura especializada evidencia forte compatibilidade entre Lean Construction e BIM. Sacks et al. (2010), por exemplo, demonstram que a modelagem digital amplia a transparência dos processos construtivos ao possibilitar detecção prévia de interferências, simulações de execução e integração entre modelo 3D, tempo (4D) e custo (5D). Sacks et al (2010) também pontuam que a integração dos conceitos Lean com a tecnologia BIM acarreta em uma maior integração entre projeto e construção e melhoria na comunicação e gestão das informações ao longo do processo. Essa visualização antecipada, segundo Sacks et al (2010) e Eastman et al (2011) reduz incertezas e retrabalhos, contribuindo diretamente para a aplicação dos princípios Lean, especialmente no que se refere à estabilidade do fluxo e à redução de desperdícios. A análise desses autores evidencia que a integração dos conceitos Lean com a aplicação do BIM pode possibilitar que o engenheiro civil tenha maior capacidade de planejamento executivo fundamentado em dados confiáveis e integrados desde a concepção do projeto até o pós obra.

A incorporação da Inteligência Artificial amplia ainda mais o potencial dessa integração. Russell e Norvig (2021) caracterizam a IA como o conjunto de técnicas capazes de processar grandes volumes de dados, identificar padrões e realizar inferências com base em aprendizado computacional. No ambiente da construção civil, a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina e análise preditiva permite realizar levantamentos mais assertivos, antecipar atrasos, identificar perdas, prever desvios orçamentários e otimizar a alocação de recursos.

Estudos de Valbenito e Forcael (2025) indicam que a combinação de modelos BIM com ferramentas de IA proporciona ganhos substanciais na análise de desempenho e na tomada de decisão estratégica. Ao utilizar dados estruturados do modelo digital como base para algoritmos preditivos, na visão dos autores torna-se possível identificar tendências de produtividade, estimar probabilidades de falhas e

simular cenários alternativos de execução com maior precisão. Tal capacidade analítica reforça diretamente os fundamentos da Lean Construction ao reduzir a variabilidade e aumentar a confiabilidade do planejamento, conforme defendido por Ballard e Howell (2003).

Assim, Alnajjar, Atencio e Turmo (2025) pontuam que a convergência entre Lean, BIM e tecnologias baseadas em IA contribui para ganhos mensuráveis de produtividade, redução de desperdícios e maior precisão orçamentária. Esses resultados decorrem da integração entre filosofia gerencial, modelagem informacional e análise inteligente de dados, criando um ambiente decisório fundamentado em evidências quantitativas de forma a reduzir as incertezas presentes no processo. De forma complementar, El Aguilar Zavaleta (2025) argumenta que conceitos como planejamento puxado (*pull planning*) e melhoria contínua são potencializados quando suportados por plataformas digitais integradas e sistemas de análise automatizada.

Sob a ótica sistêmica das análises de Sacks et al (2010) e Valbenito e Forcael (2025), a integração Lean–BIM–IA pode ser compreendida como uma arquitetura em três níveis complementares: a Lean Construction estabelece os princípios de gestão orientados à geração de valor; o BIM organiza e estrutura as informações técnicas do empreendimento; e a Inteligência Artificial processa esses dados, convertendo-os em previsões e recomendações operacionais. Essa articulação promove maior transparência, melhor controle da produção e decisões mais assertivas ao longo das fases de projeto e execução.

Apesar das vantagens observadas, desafios permanecem relevantes segundo o National Institute of Build Sciences (2025). Sacks et al (2010) pontua que se mal implementado o BIM pode aumentar a complexidade do processo a ponto de burocratizar demasiadamente as a troca de informações, as definições e, conseqüentemente, as entregas. A necessidade de padronização de dados, a integração entre diferentes plataformas tecnológicas e a capacitação técnica das equipes são apontadas por Russel e Norvig (2021) como barreiras à plena aplicação dessas tecnologias num setor historicamente conservador. Isto posto, a Alnajjar, Atencio e Turmo (2025) evidenciam que é necessária uma mudança cultural para adoção de práticas colaborativas e orientadas por dados visto que as construtoras e incorporadoras ainda seguem métodos muito tradicionais de gestão.

2.5 SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE (SGQ)

2.5.1 Conceito de Qualidade

Na concepção de Picchi (1993), o entendimento acerca da qualidade passou por um processo contínuo de transformação ao longo do tempo, influenciando a formulação de novas políticas organizacionais, posturas gerenciais e práticas administrativas nas empresas. Inicialmente associado a uma visão mais limitada, centrada na conformidade com requisitos previamente estabelecidos, o conceito foi progressivamente ampliado, incorporando dimensões adicionais sem abandonar as anteriores ou excluir alguma dimensão já proposta anteriormente. Esse movimento evolutivo caracteriza-se por um processo cumulativo, no qual a noção de qualidade se expande e adquire maior abrangência e complexidade.

A base do conceito de qualidade, portanto, é estar em conformidade com os requisitos e normas que regulamentam a produção. No caso da construção civil, por exemplo temos a série de normas ISO regulando e dando diretrizes a respeito dos sistemas de gestão da qualidade enquanto a NBR 15575, para edificações residenciais, busca pela entrega de desempenho nas edificações como um norteador da qualidade.

Entretanto, conforme Picchi (1993), o conceito se tornou muito mais amplo e abrange nove objetivos principais:

- a) **Conformidade com os requisitos:** atendimentos as normas e exigências específicas para essa categoria de produto ou serviço
- b) **Características que atendem as necessidades dos clientes:** busca pela minimização de falhas e deficiências no intuito de atingir a completa satisfação do cliente tendo como referências várias regulamentações de entidades normativas nacionais, em diversos países do mundo como Estados Unidos, Japão e até mesmo a própria União Europeia (UE).
- c) **O cliente pode ser externo, interno ou sociedade em geral:** para atendimento às necessidades dos clientes externos e interno, o produto deve ser bom e apresentar poucas falhas (cliente externo), tem que ser produzido com produtividade e rentabilidade (acionistas/empresários/investidores), em um ambiente de trabalho seguro e saudável que permita o crescimento pessoal e profissional dos seres humanos (colaboradores) e deve sempre

respeitar a legislação, meio ambiente e possibilitar o progresso social (vizinhos/sociedade).

d) **As necessidades podem ser explícitas ou implícitas:** As necessidades explícitas são baseadas no uso, estética e atendimento enquanto as necessidades implícitas podem ser particulares de cada cliente, muitas vezes não são externadas, e podem estar relacionadas com mínimos detalhes relacionados a funcionalidade e aplicabilidade.

e) **Atender com economia:** As necessidades dos clientes devem ser atendidas com qualidade em todo ciclo do processo produtivo visando economia, produtividade e redução de desperdícios visíveis e ocultos.

f) **Qualidade inclui serviços agregados ao produto:** dados informativos, atendimento ao cliente, manuais de uso e conservação, assistência técnica e demais atividades relacionadas ao momento pré e pós aquisição do produto.

g) **Qualidade é relativa e dinâmica:** relativa no sentido de sempre considerar a posição e entrega dos concorrentes e dinâmica no sentido de as expectativas, necessidades e exigências dos clientes estão em constante transformação

h) **O que conta é a qualidade percebida pelo cliente:** qualidade é aquilo que o cliente sente ou percebe ao utilizar o produto, ou seja, não adianta o produto ser muito bom se não consegue atender as necessidades e exigências de seus clientes

i) **Qualidade é maximizar o valor do produto:** Qualidade seria aquilo que apresenta desempenho e preços compatíveis ao produto entregue.

j) **Qualidade é a capacidade de entusiasmar o cliente:** é uma visão que sai do campo racional e parte para o emocional onde além de atender as necessidades façam o cliente se sentir entusiasmado e com desejo de adquirir ou indicar o produto.

Para Oakland (2014) essa visão holística consolidou-se nas práticas modernas de gestão e influenciou modelos como o Total Quality Management (TQM), que integra cultura organizacional, foco no cliente e participação de todos os colaboradores.

Na contemporaneidade, referenciais normativos internacionais, a exemplo da ISO 9000, estruturam o conceito de qualidade como o nível em que características

próprias de um produto, serviço ou processo atendem a requisitos previamente estabelecidos. Essa abordagem evidencia que a qualidade não deve ser compreendida como uma propriedade pontual ou meramente técnica, mas como consequência de um sistema de gestão orientado por processos, cujo propósito é assegurar geração de valor ao cliente, estabilidade no desempenho operacional, capacidade de inovação e sustentabilidade no longo prazo das organizações.

2.5.2 Evolução Histórica da Gestão da Qualidade

Para Garvin (1984) e Paladini (2017) processos de gestão de qualidade estão em constante transformação conforme a alteração das necessidades, expectativas e exigências impostas pela competitividade existente no mercado. Já Juran e Godfrey (1999) e Deming (1986) sustentam que a Gestão da Qualidade historicamente se qualifica no mercado como um diferencial estratégico para garantir credibilidade e confiança junto aos clientes, sendo compreendida como um elemento essencial para a construção de valor e vantagem competitiva.

Portanto, nessa linha de pensamento e, mesmo em momentos históricos distintos, Crosby (1979) e Oakland (2014) concordam que os sistemas de qualidade sofrem total influência dos momentos políticos, sociais e econômicos que a sociedade enfrenta, evoluindo de maneira conjunta às alterações no modelo de subsistência, produção, habitação e economia existentes no período ou local em que estão inseridos. Essa interdependência reforça o caráter dinâmico e adaptativo da qualidade como prática gerencial.

No cenário econômico contemporâneo, segundo Jesus (2011) a demanda por produtos e serviços que atendam a padrões elevados de qualidade tornou-se condição indispensável para a manutenção da competitividade organizacional. A intensificação da concorrência, para ele, impõe às empresas a necessidade de desenvolver estratégias inovadoras e diferenciadas, orientadas à ampliação da satisfação do cliente e ao aprimoramento contínuo de seus processos internos. Segundo Jesus (2011) no setor da Construção Civil, essa preocupação assume relevância estratégica, uma vez que o segmento exerce papel significativo no desenvolvimento econômico nacional, contribuindo para a geração de empregos diretos e indiretos e para a dinamização de diversos setores produtivos correlatos. Nesse contexto, ele conclui que é crescente o empenho das organizações do setor

em estruturar sistemas de gestão que assegurem maior eficiência, confiabilidade e qualidade em seus empreendimentos.

Segundo Picchi (1993), portanto, a gestão da qualidade apresenta, ao longo da evolução da sociedade, sete momentos históricos principais: (a) A qualidade centrada no artesão, (b) A qualidade centrada no supervisor, (c) A qualidade centrada no inspetor, (d) Controle Estatístico, (e) Total Quality Control (TQC), (f) Garantia da Qualidade – enfoque ocidental e (g) Controle da Qualidade por toda empresa – enfoque japonês

a) A qualidade centrada no artesão:

Perdurou até o final do século XIV e consistia em um sistema artesanal onde o próprio artesão fazia todas as etapas do processo, concebendo o produto, escolhendo matéria prima, produzindo, controlando a qualidade através de abordagens corretivas e comercializando.

b) A qualidade centrada no Supervisor:

Do Século XIX até o período fabril, o sistema produtivo tinha comando de um patrão capitalista que assume a organização da produção, define a qualidade necessária e comercializa os produtos, enquanto os funcionários do sistema de manufatura perderam parte da autonomia e se concentram em produzir o máximo possível. Os mestres, encarregados e supervisores produziam e simultaneamente fiscalizam e fazem controle de qualidade identificando possíveis produtores de defeitos e corrigindo.

c) A qualidade centrada no Inspetor:

A divisão do trabalho pelos preceitos Tayloristas, separando controle/planejamento da execução, no século XIX tirou dos supervisores a responsabilidade pelo controle de qualidade criando o cargo de “Inspetor de Qualidade” de caráter totalmente corretivo sobre a produção.

O distanciamento da produção e da alta gerência da responsabilidade pela qualidade apresentou resultado negativo aumentando o número de peças defeituosas produzidas e desperdiçadas.

d) Controle Estatístico da Qualidade

A Segunda Guerra Mundial e a consequente aumento de produção militar fez com que os departamentos do exército introduzissem no mercado o controle estatístico de qualidade por amostragem sobre a produção. Seguindo o caráter

corretivo de controle de qualidade, o controle estatístico ao menos possibilitou a identificação de causa dos defeitos e mapeamento de atitudes preventivas.

e) A qualidade além dos limites da fábrica: o *Total Quality Control* (TQC)

No pós guerras, passam a ser criados instituições voltadas ao controle e formação de profissionais para atuação sobre a qualidade com a ideologia de Controle Total de Qualidade. A partir desse momento o enfoque passa a ter conotação preventiva para evitar desperdícios e passa a abranger toda a linha produtiva, ou seja, do projeto a utilização, analisando todos os departamentos da empresa para identificação de pontos de melhoria e possíveis falhas.

f) Garantia da Qualidade – enfoque ocidental

O ocidente, a partir das mudanças impostas pelas necessidades do pós guerra e a nova visão de valorização da sociedade, começou-se a exigir maior segurança e confiabilidade nos produtos para apresentação de garantias e responsabilidades da empresa sobre os mesmos. As empresas passaram a atuar planejando e buscando a prevenção de falhas com controle rígido sobre cada uma das etapas

Diversas normas e diretrizes foram desenvolvidas visando padronizar e criar requisitos mínimos em cada etapa produtiva afim de assegurar a responsabilidade de cada etapa sobre o produto final e entregar ao cliente um produto de qualidade que possa desempenhar sua função de acordo com as necessidades e exigências. Em paralelo, foram desenvolvidos manuais de uso dos produtos a fim de garantir a durabilidade e funcionabilidade dos mesmos e criando responsabilidades para os clientes sobre os mesmos.

g) Garantia da Qualidade – enfoque japonês

Como estratégia de sobrevivência e competitiva, a indústria japonesa criou um enfoque crítico e particular sobre a qualidade que ficou conhecido como Controle da Qualidade por Toda Empresa (*Company Wide Quality Control* – CWQC). O modelo oriental, portanto, voltou a colocar o controle da qualidade junto a alta administração, voltou a abranger os empregados na responsabilidade sobre a qualidade e criou os Círculos de Controle da Qualidade (CCQ), onde através de uma metodologia participativa, grupos de trabalhadores são reunidos para identificar e corrigir erros em processos e procedimentos produtivos, criando assim uma visão global que o controle da qualidade deveria ser contínuo.

Portanto, Picchi (1993) conclui que o modelo japonês de controle da qualidade pode ser resumido em: gerentes do alto nível liderando e investindo na revolução da qualidade, participação dos empregados no controle global da qualidade, ênfase na tecnologia, educação e treinamento, círculos de controle da qualidade, métodos estatísticos, aperfeiçoamento contínuo, envolvimento dos fornecedores nos processos e exigências de qualidade, produção sob demanda, garantia da qualidade com desenvolvimento de novos produtos e auditorias do presidente para controle de qualidade.

Desta forma, Paladini (2017) evidencia que a gestão da qualidade vem apresentando resultados cada vez mais contundentes para os clientes finais. A convergência cultural de um setor produtivo de mão de obra quase que artesanal faz com que Deming (1986) e Lahti e Shams (2022), mesmo em épocas distintas, compreendam os modelos ocidentais e orientais se portando cada vez mais críticos e similares entre si, entretanto essas diferentes concepções de gestão da qualidade ainda apresentam, para Sandholm e Svensson (2021), divergências metodológicas em função da melhoria contínua dos processos ao longo do tempo e em relação a cada uma das particularidades de seus respectivos ambientes visto que existe necessidade contínua de adaptação dos sistemas de qualidade às transformações tecnológicas, sociais e econômicas.

Assim, Santos, Hamzeh e Tookey (2021) apontam que o futuro da gestão da qualidade na construção civil está intrinsecamente integrado ao modelo de construção enxuta e a aplicação de novas tecnologias. Para esses autores, esse momento histórico marca o surgimento de uma nova visão sistêmica sobre o controle de resultados na construção civil. Essa perspectiva apontada por eles propõe a formação de uma filosofia coletiva, na qual todos os colaboradores compreendem a importância de manter um rigoroso controle de custos, garantir a estabilidade dos prazos e maximizar o valor entregue ao cliente através da qualidade de cada serviço. Esses princípios, quando incorporados ao cotidiano organizacional, fortalecem uma cultura orientada à excelência operacional e geram melhor nível técnico das obras com a consequente elevação do nível de satisfação do mercado e clientes.

2.5.3 ISO 9000 e ISO 9001

As normas ABNT ISO 9000 e ISO 9001 (2005) definem que os sistemas de gestão da qualidade (SGQ) têm como principal objetivo assegurar que produtos e

serviços atendam de forma consistente aos requisitos dos clientes e às exigências regulamentares aplicáveis, sendo amplamente difundidos por meio das normas da família ISO 9000. A norma ISO 9000 (2005) estabelece os fundamentos e o vocabulário relacionados à gestão da qualidade, fornecendo uma base conceitual comum para a compreensão e aplicação dos sistemas de gestão nas organizações. Já a norma ISO 9001 (2005) define os requisitos necessários para a implementação de um sistema de gestão da qualidade certificável, com foco na melhoria contínua dos processos e na satisfação do cliente. Para Fraga (2011) e Duarte et al (2020) no setor da construção civil, essas normas assumem papel estratégico devido à complexidade dos empreendimentos, o número de matérias e projetos correlacionados, à multiplicidade de agentes envolvidos, a crescente dificuldade em encontrar mão de obra qualificada e à elevada variabilidade dos processos produtivos.

A ISO 9000 (2015), ao apresentar princípios como foco no cliente, liderança, engajamento das pessoas e abordagem de processos, contribui para a estruturação conceitual da qualidade nas empresas da construção civil. Melhado (2000) aponta que esses princípios auxiliam na padronização de entendimentos entre projetistas, engenheiros, fornecedores e equipes de obra, reduzindo ambiguidades e falhas de comunicação nos canteiros. Já Paladini (2012) indica que a clareza conceitual proporcionada pela ISO 9000 permite que as construtoras estabeleçam políticas da qualidade alinhadas às necessidades dos clientes e aos requisitos técnicos aplicáveis às obras. Dessa forma, Fraga (2011) conclui que a norma atua como um alicerce teórico para a consolidação da cultura da qualidade no ambiente produtivo da construção civil.

A ISO 9001 (2015), por sua vez, apresenta requisitos práticos para o planejamento, execução, controle e melhoria dos processos construtivos, sendo amplamente adotada por construtoras e incorporadoras. Para Oliveira, Borges e Melhado (2006) a aplicação dessa norma nos canteiros de obras promove a padronização de procedimentos executivos, a rastreabilidade dos serviços e o controle sistemático dos processos críticos da produção. Por meio da definição de procedimentos documentados, inspeções e registros da qualidade, Formoso et al (2017) visualizam que a ISO 9001 é completamente integrada aos princípios e objetivos do Lean Construction e, com isso, contribui para a redução de retrabalhos e desperdícios, fatores historicamente associados a perdas significativas na construção civil. Além disso, a norma estimula a abordagem baseada em riscos, permitindo a

identificação preventiva de falhas que possam comprometer a qualidade do produto final (ABNT ISO 9001, 2015).

Nos canteiros de obras, a atuação do sistema de gestão da qualidade baseado na ISO 9001, para Depexe e Paladini (2008), reflete-se na organização das frentes de trabalho, no controle de materiais e na qualificação da mão de obra para execução das atividades de acordo com o desempenho necessário. A exigência de avaliação e seleção de fornecedores contribui para o fornecimento de materiais e serviços conforme os requisitos técnicos e normativos estabelecidos (ABNT ISO 9001, 2015). Combinando as análises, Fraga (2011) e Duarte et al (2020) destacam que o monitoramento contínuo dos processos, aliado à análise de indicadores de desempenho, possibilita a tomada de decisões fundamentadas em dados, elevando simultaneamente o controle e a confiabilidade da execução das atividades construtivas. Dessa forma, Depexe e Paladini (2008) entendem que a norma fortalece o controle da qualidade desde a etapa de planejamento até a entrega da obra ao cliente final gerando resultados financeiros para a construtora, resultados de qualificação profissional e maior segurança para os funcionários e, principalmente, de qualidade para o produto que chega ao cliente final.

Outro benefício relevante da aplicação das normas ISO 9000 (2015) e ISO 9001 (2015) na construção civil é o estímulo à melhoria contínua dos processos e à aprendizagem organizacional. Na visão de Paladini (2012) a realização de auditorias internas, análises críticas pela direção e ações corretivas promove a identificação sistemática de não conformidades recorrentes e oportunidades de melhoria nos canteiros de obras. Fraga (2011) entende que o ciclo contínuo de avaliação e aprimoramento contribui para o aumento da produtividade, da conformidade técnica, da satisfação dos clientes, e principalmente redução de retrabalhos e garantia de terminalidade sobre cada uma das etapas da construção, garantindo assim aspectos essenciais para a competitividade das empresas do setor. Olhando para o futuro, Oliveira, Borges e Melhado (2006) compreendem que os sistemas de gestão da qualidade baseados nas normas ISO e aplicados de forma integrada a outras normativas a ponto de criar um Sistema de Gestão Integrado (SGI) se consolidam como ferramentas fundamentais para geração de processos estabelecidos que possam garantir a qualidade, a confiabilidade, viabilidade, competitividade e a sustentabilidade dos empreendimentos da construção civil.

2.5.4 Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) foi instituído pelo Governo Federal em 1998 com o objetivo de organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade do habitat e da modernização produtiva das empresas construtoras. Cardoso (2003) explica que programa surgiu da necessidade de ampliação do programa de habitação nacional como uma forma de resposta à necessidade de elevar o padrão de qualidade das edificações habitacionais, especialmente aquelas financiadas com recursos públicos, promovendo uma habitação de maior confiabilidade técnica com a redução de patologias construtivas. De acordo com o Regimento Geral do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H (2021) o PBQP-H estabelece diretrizes que incentivam a adoção de sistemas de gestão da qualidade nas empresas do setor, alinhando-se a práticas reconhecidas internacionalmente, como as normas da série ISO 9000. Dessa forma, Vieira e De Oliveira Neto (2019) esclarecem que o programa deixa explícito a necessidade de atuar como instrumento estruturante para o desenvolvimento sustentável e competitivo da construção civil brasileira

Entre os principais componentes do PBQP-H, de acordo com o Regimento Geral do PBQP-H, instaurado em 2021, destaca-se o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC), que define requisitos para a implementação de sistemas de gestão da qualidade nas construtoras. Cardoso (2003) evidencia que SiAC baseia-se fortemente nos princípios da ISO 9001, adaptando-os às especificidades da construção civil e às características dos empreendimentos habitacionais no contexto nacional. Para Costa (2025) a aplicação do SiAC possibilita a padronização dos processos construtivos, a formalização de procedimentos executivos e o controle sistemático das etapas de produção nos canteiros de obras. Assim, Formoso et al (2017) conclui que o PBQP-H acarreta num incremento de organização e gestão dos serviços de modo a afetar positivamente nos resultados financeiros das grandes corporações da AEC.

Nos canteiros de obras, o Regimento Geral, publicado em 2021 pelo Governo Federal, define que a atuação do PBQP-H se manifesta por meio da exigência de planejamento da qualidade, controle de materiais, inspeção de serviços e registros sistemáticos das atividades executadas. Cardoso (2003) identifica que a obrigatoriedade de verificação da conformidade dos serviços executivos contribui para

a redução de retrabalhos e para o aumento da durabilidade das edificações. Além disso, Duarte et al (2020) e Vieira e De Oliveira Neto (2019) analisam que o programa estimula a capacitação da mão de obra e a definição clara de responsabilidades, fatores essenciais para a estabilidade dos processos construtivos. Dessa forma, eles entendem que o PBQP-H promove maior previsibilidade e confiabilidade na execução das obras

Outro aspecto relevante revelado pelo Governo Federal em 2021 por meio do Regimento Geral do PBQP-H é a sua atuação no controle da qualidade dos materiais e sistemas construtivos empregados nas obras, por meio de subsistemas como o Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT). O SiNAT, para Cardoso (2003), estabelece critérios para avaliação técnica de produtos inovadores, reduzindo riscos associados à adoção de novas tecnologias construtivas. Para Formoso et al (2017) essa abordagem contribui para a segurança, o desempenho e a conformidade normativa das edificações, especialmente em empreendimentos habitacionais de interesse social. Assim, o PBQP-H, em seu regimento geral de 2021, atua não apenas nos processos, mas também na qualidade dos insumos utilizados nos canteiros de obras.

Vieira e De Oliveira Neto (2019), portanto, concluem que a implementação do PBQP-H traz benefícios significativos para as empresas da construção civil, como o aumento da competitividade, criação de processos que garantam a qualidade dos empreendimentos, o acesso a financiamentos públicos e a melhoria da relevância institucional das construtoras perante o mercado. A exigência de auditorias, análises críticas e ações corretivas, segundo Depexe e Paladini (2008), promove a melhoria contínua dos processos, a melhoria da organização interna e o fortalecimento da cultura da qualidade nas organizações. Além disso, para Formoso et al (2017) o programa contribui para a redução de desperdícios, o aumento da produtividade e a entrega de empreendimentos com maior conformidade técnica e desempenho ao usuário final. Dessa forma, o objetivo final do Governo Federal em criar um Regimento Geral do PBQP-H é de, a partir de 2021, consolidar o programa como um instrumento fundamental para garantir a qualidade e a produtividade nos canteiros de obras da construção civil brasileira.

2.5.5 Metodologia Seis Sigma (Six-Sigma)

Segundo Jesus (2011) a metodologia que se denomina “Seis Sigma” foi desenvolvida em 1987 pela Motorola, quando seus profissionais iniciaram uma série de estudos sobre os conceitos criados por Deming a respeito da variabilidade dos processos de produção, com o objetivo de melhorar o desempenho através da análise dessas variações.

A metodologia Seis Sigma tem sido amplamente utilizada em diversos setores industriais como uma abordagem estruturada para a melhoria contínua dos processos, tendo como principal objetivo a redução da variabilidade e a eliminação de defeitos por meio do uso de dados e métodos estatísticos coletados de experiências anteriores. Desenvolvido inicialmente na indústria manufatureira, o Seis Sigma, de acordo com Pande et al. (2001) baseia-se no ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), o qual orienta a identificação das causas raiz dos problemas e o controle sustentável das melhorias implementadas. No contexto da construção civil, setor caracterizado por elevada complexidade, fragmentação produtiva e variabilidade dos processos, Antony e Banuelas (2002) destacam que a aplicação dessa metodologia apresenta potencial significativo para a melhoria da qualidade, produtividade e desempenho global dos empreendimentos

Para Pheng e Hui (2004), os principais benefícios da aplicação do Seis Sigma na construção civil destacam-se a redução de retrabalhos, a diminuição de desperdícios, o aumento da confiabilidade dos processos construtivos e a melhoria do controle sobre os prazos e custos. Eles indicam que a utilização das ferramentas do Seis Sigma favorece a tomada de decisão baseada em dados, contribuindo para a padronização dos processos e para a melhoria do desempenho organizacional das construtoras. Além disso, Koskela (1992) e Formoso et al (2011) se alinham no sentido de acreditar que a metodologia apresenta forte convergência com os princípios da Lean Construction, ao atuar na eliminação de atividades que não agregam valor e na melhoria do fluxo produtivo, aspectos essenciais para a eficiência dos sistemas de produção na construção representando, assim, uma forma de controle sobre a qualidade a partir dos conceitos da metodologia enxuta.

Apesar dos benefícios, a implementação do Seis Sigma na construção civil enfrenta alguns empecilhos. Entre os principais desafios, independente do setor de aplicação, Antony (2006) destaca que apesar dos dados indicarem os pontos de

atenção e evidenciar os problemas existentes, ainda existe a resistência cultural à mudança, principalmente de um setor historicamente conservador, a limitação na disponibilidade e confiabilidade de dados obtido histórico da própria ou de outras construções, a baixa maturidade dos sistemas de medição de desempenho e a necessidade de capacitação técnica das equipes envolvidas. Adicionalmente, Pheng e Shui (2001) evidenciam a natureza temporária dos projetos e a variabilidade inerente às condições de execução e as diferenças nos projetos dificultam a aplicação direta de técnicas estatísticas avançadas, exigindo adaptações metodológicas à realidade do setor da construção civil.

Ramos (2018) entende que a aplicação integrada do método Seis Sigma aos sistemas de gestão da qualidade, ao Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) e à ABNT NBR ISO 9001:2015 contribui para a redução de não conformidades, na medida em que promove o aprimoramento dos processos produtivos e atua na eliminação das causas raízes responsáveis pelas falhas. Yamamoto e Serra (2021) pontuam que ainda que a indústria da arquitetura, engenharia e construção civil tenha produzido metodologias para o controle da qualidade de obras, ainda há falhas no controle da qualidade, principalmente em relação ao gerenciamento dos processos, mão de obra e produtos. Sendo assim, Jesus (2011) enfatiza que a aplicação desse modelo de análise de dados nos empreendimentos, quando integrado a outras metodologias e sistemas de gestão da qualidade, resultam diretamente em um aumento da qualidade do produto final e da lucratividade do empreendedor a partir da melhoria contínua dos processos retroalimentado pelos dados obtidos, redução das variabilidades no canteiro de obras, redução dos retrabalhos e otimização da capacidade produtiva de cada colaborador.

2.5.6 Normas ABNT NBR

2.5.6.1 Norma NBR 15575:2024 – Desempenho das Edificações

A construção brasileira, segundo Nunes et al (2021), foi revolucionada pela criação da NBR 15575 em 2008 visto que a vigência da norma impactou o setor da construção civil no intuito de aumento de cobrança sobre desempenho, controle dos processos e, principalmente, geração de valor aos clientes. Nunes et al (2021) esclarece que as edificações devem atender aos requisitos mínimos estabelecidos, com comprovação dos resultados a partir de simulações, ensaios de campo e de

laboratório. O poder público tem o papel de fiscalizar o atendimento a norma. A construtora/incorporadora tem responsabilidade de garantir condições das obras concluídas. Os fornecedores devem caracterizar e garantir o desempenho dos materiais. E os projetistas devem incorporar o conceito de desempenho nos projetos, especificando materiais, produtos e processos que atendam o desempenho estabelecido pela norma.

A NBR 15575 tem por objetivo contemplar requisitos gerais e critérios específicos para sistemas estruturais, pisos, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários e, para isso, é dividida em 6 partes para abranger cada um dos temas e os requisitos de desempenho. (ABNT, 2013a; ABNT, 2013b; ABNT, 2013c; ABNT, 2013d; ABNT, 2013e; ABNT, 2013f). Segundo Okamoto (2015), a implementação da NBR 15575 demanda amadurecimento dos processos de projeto e maior compatibilização técnica, o que repercute diretamente na estruturação dos sistemas de qualidade das empresas construtoras.

A norma estabelece parâmetros objetivos para a vida útil de projeto (VUP) e critérios mensuráveis de desempenho, permitindo que as organizações estruturem melhor seus procedimentos de gestão, planejamento, controle tecnológico, redução e tratamento de não conformidades e compatibilização e validação de projetos juntos as necessidades apresentadas. (ABNT, 2013a). Assim, Nunes et al (2013) enfatiza que ao assegurar níveis mínimos de desempenho mensuráveis, a norma contribui para a redução de manifestações patológicas e reclamações pós-obra, impactando positivamente a satisfação do cliente e a reputação organizacional.

Dessa forma, Santos (2017) conclui que a NBR 15575/2013 atua de forma a balizar o setor com boas práticas estabelecendo requisitos mínimos aplicáveis nas principais disciplinas de projeto envolvidas em uma edificação. Santos (2017) enfatiza que o atendimento a um resultado satisfatório da aplicação da norma de desempenho de forma prática deve ocorrer através de processos bem definidos, equipes bem treinadas e fichas de verificação de serviço bem elaboradas para verificação de cada uma das etapas dos serviços de acordo com suas respectivas normas técnicas específicas e, em paralelo, contar com a elaboração de projetos mais detalhados com processo de desenvolvimento mais burocrático e extensos que contem com a coparticipação das diferentes disciplinas envolvidas.

Santos (2017), entretanto, enfatiza que as empresas de pequeno porte ainda não apresentam entendimento claro sobre os requisitos exigidos e seguem com a

produção artesanal enquanto as grandes empresas, pelo maior investimento desde a fase de projeto até a conclusão da construção, apresentam maior preocupação com o produto a ser entregue e desenvolveram processos de execução e controle mais rígidos e alinhados as diretrizes apresentadas pelas normativas.

Assim, conforme analisado por Costella (2025), a implantação da ABNT NBR 15575 no contexto da construção civil brasileira ainda enfrenta desafios de natureza cultural, técnica, econômica e estrutural, que dificultam sua plena consolidação no setor. Entre as principais dificuldades citadas por Costella (2025) destaca-se a ausência de uma cultura efetiva de cumprimento das normas técnicas no país, aliada à fragilidade dos mecanismos de fiscalização e à inexistência de sanções amplamente aplicadas em casos de descumprimento. Soma-se a isso o desconhecimento de diversas normas por parte de profissionais e usuários das edificações, bem como a defasagem tecnológica presente em parcela significativa das empresas construtoras, o que gera assimetrias na capacidade de atendimento aos requisitos de desempenho.

Costella (2025) também ressalta que muitos agentes envolvidos no processo construtivo, especialmente os usuários finais, não participam do desenvolvimento das normatizações, o que pode comprometer o alinhamento entre exigências técnicas e expectativas reais de uso. Do ponto de vista econômico, observa-se que a adoção integral dos requisitos da norma pode implicar aumento de custos, particularmente em empreendimentos de interesse social, nos quais a limitação de investimentos em tecnologia é mais evidente. Além disso, há restrições na infraestrutura técnica nacional, como a escassez de laboratórios habilitados para a realização dos ensaios exigidos, bem como a falta de transparência de alguns fornecedores quanto ao desempenho de seus produtos. Costella (2025) ainda aponta resistência por parte de determinados profissionais que não reconhecem a necessidade de estudos de desempenho em edificações de padrão mais elevado, o que evidencia a persistência de uma cultura prescritiva e reativa no setor. Em conjunto, esses fatores demonstram que a efetiva implementação da norma depende não apenas de adequações técnicas, mas também de mudanças estruturais e culturais na indústria da construção civil brasileira.

Borges (2008) pontua que apesar das dificuldades enfrentadas, o conceito de desempenho cresce dentre todos os países do mundo e a criação de uma norma de desempenho sobre as edificações incentiva, além do desempenho final proporcionado ao usuário, que surjam benefícios ao longo do processo como o cuidado ambiental, a

aplicação tecnológica e a otimização de recursos quando analisado todo cenário a longo prazo. Para ele, portanto, a norma de desempenho se trata de um avanço irretocável na construção civil brasileira seja para a qualidade das edificações, gestão dos recursos e controle dos processos.

2.5.6.2 Norma NBR 17170:2022 – Edificações – Garantias

De acordo Vasconcelos (2005) e Mydin (2017) a durabilidade de uma edificação está diretamente relacionada ao desempenho inicial dos sistemas concebidos em projeto, à utilização adequada da construção e à realização de manutenções ao longo de sua vida útil. Diversos pesquisadores têm evidenciado, ao longo dos anos, por meio de estudos técnicos, a relevância da manutenção preventiva nas edificações e sua contribuição para o desempenho e a longevidade dos sistemas construtivos.

A partir de 2022, com a última publicação da ABNT NBR 17170:2022, a cultura de desempenho nas edificações habitacionais brasileiras foi reforçada pois a atualização normativa esclareceu diretrizes objetivas para definição dos prazos de garantia, as necessidades de manutenção e a responsabilidade de cada um dos envolvidos no ciclo de vida das construções. A norma amplia a abordagem da NBR 15575 e fortalece princípios da ABNT NBR ISO 9001:2015 ao estruturar mecanismos formais de entrega técnica, controle de informações e documentos, rastreabilidade, uso, operação e manutenção das edificações para garantir a vida útil de projeto e, consequentemente, de cada um dos sistemas envolvidos. (ABNT, 2022)

Conforme discutido por Costella (2025), a cultura normativa no Brasil ainda enfrenta limitações relacionadas ao desconhecimento técnico, à resistência à mudança e à percepção de aumento de custos decorrente da adoção de requisitos mais rigorosos. Para ele esses fatores podem igualmente impactar a consolidação da NBR 17170, sobretudo em empresas de menor porte em função do custo envolvido, porém, em paralelo, criam uma necessidade maior de estruturação dos processos para que os procedimentos técnicos sejam verificados e cumpridos adequadamente, as patologias se tornem mais raras e a vida útil dos sistemas seja atendida.

Portanto, sob a perspectiva dos benefícios, a norma favorece a minimização de manifestações patológicas oriundas do uso incorreto dos sistemas ou da inexistência de manutenção preventiva, ao determinar a obrigatoriedade do fornecimento de

orientações claras ao usuário quanto às condições adequadas de operação, uso e conservação da edificação. (ABNT, 2022).

De acordo com a ABNT NBR 14037 (2011), Bento et al (2016) e Costella (2025) os elementos relacionados à durabilidade da edificação devem estar devidamente contemplados no Manual de Uso, Operação e Manutenção, documento obrigatoriamente fornecido pelo construtor ou incorporador, que orienta o usuário acerca das características do imóvel adquirido e evidencia o atendimento, por parte da construtora, aos requisitos estabelecidos pela norma de desempenho mostrando as obrigações quanto a manutenção e os prazos de garantia caso seja evidenciado que o uso e manutenção estão de acordo com o exigido.

Nesse contexto, o plano de manutenção deve abranger tanto intervenções rotineiras quanto preventivas, assegurando que a edificação mantenha seu desempenho conforme os parâmetros normativos. Tal abordagem está diretamente associada às informações relativas à vida útil e à durabilidade dos sistemas e componentes empregados, as quais subsidiam o planejamento e a previsão das ações de manutenção necessárias ao longo do tempo. (ABNT, 2012)

Melhado (1994) já apontava que a ausência de planejamento sistêmico e de controle formalizado compromete a qualidade final do produto. A NBR 17170 (ABNT, 2022), ao exigir maior formalização de procedimentos e responsabilidades, demanda mudança cultural significativa, especialmente em organizações com processos pouco estruturados visto que aumenta a necessidade de capacitação técnica e reorganização interna das empresas para atender às exigências documentais e contratuais impostas pela norma.

Sendo assim, Gouveia (2025) resume que o objetivo principal da NBR 17170:2022 é de esclarecer os procedimentos para garantir a continuidade das condições de desempenho ofertadas pelas construtoras na entrega das edificações por meio de ações sistemáticas e planejadas de manutenção e orientações quanto ao uso dos sistemas.

2.5.7 BIM e IA aplicados a Gestão da Qualidade

Com a exigência imposta pelo mercado, o Project Management Institute (PMI) no PMBOK 7ª Edição (2021) evidencia que a gestão de obras vem se transformando e apresentando desafios como incompatibilidade de projetos, retrabalhos e dificuldades na troca de informações entre o maior número de equipes e pessoas

envolvidas no ciclo de vida de uma edificação. Eastman et al. (2011) coloca a Modelagem da Informação da Construção (BIM) como um destaque global no setor da construção civil pois é uma metodologia capaz de garantir o fluxo adequado de informações, facilitar a visualização e o planejamento de obras, e integrar as áreas de projeto, planejamento, execução, operação e pós obra de cada uma das edificações e otimizar a gestão de recursos e qualidade das construções.

Eastman et al. (2011) pontua que o BIM, ao integrar as informações em um modelo digital parametrizado e compartilhado permite a detecção de interferências entre as diferentes disciplinas aumentando a compatibilização entre elas, reduzindo incompatibilidades e antecipando conflitos antes da etapa de execução física, ou seja, gerando menor custo de retrabalho, auxiliando no dimensionamento de equipes, reduzindo desperdícios e melhorando o controle da obra em sua totalidade.

O Brasil, por meio do Decreto nº 9983/2019, definiu as diretrizes para disseminação do BIM com a sua obrigatoriedade gradual para a administração de obras públicas incentivando, assim, a sua aplicação em toda construção civil nacional como um instrumento de aumento da produtividade, melhoria no gerenciamento de prazos e recursos e reduzindo inconsistências e retrabalhos no processo produtivo. (BRASIL, 2019)

Rocha de Matos e Miranda (2018) enfatizam que dentro desse cenário as publicações científicas nacionais também indicam que a aplicação do BIM nas obras públicas favorece a melhoria da transparência no acompanhamento técnico das atividades e, simultaneamente, garante maior controle e fiscalização sobre os processos. Tal potencial de supervisão é crucial para garantir a qualidade das obras públicas em conformidade com as normas técnicas e requisitos legais.

Ademais, o BIM de acordo com Eastman et al. (2011) pode ser aplicado gerando modelos em 4D ou 5D associando aos projetos tridimensionais as variáveis de tempo e custo de forma a aumentar a previsibilidade na evolução física e financeira da obra e permitir a tomada de decisões estratégicas e assertivas ao longo do processo construtivo. Em projetos de larga escala essa característica é citada como fundamental para um controle sistemático e integrado que evite atraso, custos inesperados ou até superfaturamento em caso de obras públicas.

Qualidade na construção civil envolve não apenas conformidade com normas, mas também confiabilidade técnica e satisfação do cliente (ABNT, 2015). Para Quintas (2020), a metodologia BIM favorece a coordenação integrada de projetos,

redução de divergências documentais, o aprimoramento do planejamento ao promover simulações que permitem antecipar falhas, da qualidade dos projetos ao auxiliar que todas as disciplinas estejam integradas de acordo com as normas técnicas de desempenho, da redução de custos pela redução de retrabalhos e do controle de processos, especialmente em obras públicas, onde a fragmentação das informações é crítica. Isso demonstra, para ela, que o BIM pode elevar a qualidade global dos empreendimentos por meio da integração das fases de projeto, execução e pós obra, ou seja, envolvendo todo ciclo de vida da edificação.

Coutinho (2015), entretanto, pontua que para o sucesso do BIM no cenário nacional depende que toda a cadeia produtiva compre o conceito e auxilie na sua aplicação efetiva exigindo esforços coordenados entre empresas, sendo as grandes construtoras potenciais catalisadoras de sua difusão, devido à sua capacidade de liderar integração de informações e promover mudança organizacional. Para ele, essa integração amplia o potencial de qualidade, pois reduz falhas decorrentes de comunicação e fragmentação das soluções técnicas.

Manzione (2013) pontua que apesar dos benefícios apontados, a implementação do BIM ainda enfrenta desafios substanciais no Brasil, incluindo ausência de capacitação profissional adequada, resistência à mudança cultural e custos iniciais de adoção de tecnologia. Martins et al (2020) identificou desafios específicos para microempresas do setor AEC ao implementarem o BIM, os quais incluem limitações de recursos, interoperabilidade entre softwares e estrutura organizacional inadequada para absorver a nova metodologia.

Paralelamente a aplicação do BIM, a Inteligência Artificial (IA), é definida por Russel e Norvig (2021) como o conjunto de técnicas capazes de simular processos cognitivos humanos, como aprendizado e reconhecimento de padrões, e, segundo Goodfellow, Bengio e Courville (2016), amplia as possibilidades de análise de dados provenientes de obras, projetos e sistemas corporativos. A IA, portanto, consegue atuar na sobre os SGQ da maneira ideal proposta por Juran e Godfrey (1999), ou seja, permite migrar de um modelo reativo, baseado em inspeções posteriores, para uma abordagem preditiva de controle e prevenção de não conformidades por análises do banco de dados existente.

Segundo, Moreira et al (2025) a integração entre BIM e Inteligência Artificial acarreta em inúmeros benefícios e controle de resultados dos Sistemas de Gestão da Qualidade. Para os autores, os benefícios aos sistemas de gestão da qualidade se

originam mediante a implementação de sistemas tecnológicos de monitoramento e controle em tempo real do canteiro de obras, onde se torna possível rastrear a movimentação dos trabalhadores no canteiro de obras, interpretar as condições operacionais e oferecer subsídios qualificados à gestão de projetos e recursos. O controle citado anteriormente pode ser aplicado a partir da coleta de informações por sensores instalados no canteiro, cujos dados são processados para estabelecer parâmetros analíticos e inferências acerca das atividades construtivas em execução de forma a tornar as decisões cotidianas mais assertivas e objetivas.

Figura 11 - Integração de novas tecnologias aos sistemas de gestão



Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

De acordo com Cunha (2024), a aplicação da Inteligência Artificial (IA) na construção civil tem se consolidado como um vetor estratégico de transformação digital do setor, ao possibilitar a análise automatizada de grandes volumes de dados oriundos de projetos, cronogramas e canteiros de obras. Alves et al (2023) destaca que o uso de algoritmos de aprendizado de máquina permite identificar padrões de desempenho, padrões de retrabalho e antecipar desvios de prazo e custo ou possíveis intercorrências ao longo do processo, contribuindo para maior previsibilidade na gestão das obras.

Alves et al (2023) reforça que no âmbito operacional, a literatura aponta que a IA pode ser empregada no planejamento e controle de obras, na compatibilização de

projetos e na análise de riscos, especialmente quando integrada a modelos BIM e sistemas de gestão da qualidade. Cunha (2024) mapeou que pesquisas específicas sobre o uso da IA na construção civil demonstram ganhos potenciais relacionados à redução de retrabalhos, aumento da produtividade e melhoria na segurança do trabalho, ao permitir análises preditivas de incidentes, falhas ou incompatibilidades entre os projetos e as normas.

Para Barboza e Aguiar (2025) também se ressalta que a maturidade digital das empresas construtoras influencia diretamente a efetividade das soluções inteligentes, sobretudo quando associadas a práticas de gestão da qualidade e inovação tecnológica visto que a tomada de decisão assertiva é sempre humana baseada nos dados apresentados pela análise realizada pela IA. Para eles, é evidente que a incorporação da Inteligência Artificial na construção civil pode atuar de forma estratégica na interpretação de dados, na melhoria do aproveitamento de recursos e na realização de simulações preditivas; entretanto, sua implementação deve estar associada à formação e à sensibilização adequada dos profissionais, a fim de assegurar que as decisões fundamentadas nessas tecnologias sejam confiáveis, apresentem resultados práticos e estejam em conformidade com os requisitos técnicos e normativos vigentes.

Dessa forma, para Alves et al (2023), a Inteligência Artificial configura-se não apenas como ferramenta tecnológica, mas como elemento estruturante de um novo paradigma de gestão na construção civil, fundamentado em dados, integração sistêmica e melhoria contínua. Para Carpinetti (2016), a integração entre SGQ e IA não apenas reduz custos operacionais, mas também fortalece a maturidade gerencial e a capacidade de inovação das empresas de construção, consolidando uma abordagem orientada por dados e alinhada aos fundamentos da excelência em qualidade

2.6 INTEGRAÇÃO ENTRE LEAN CONSTRUCTION E SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE (SGQ)

Conforme discutido por Coelho (2003) e corroborado pelo Observatório da Produtividade Régis Bonelli (2023), no estudo “Produtividade do Trabalho no Brasil: uma análise dos resultados setoriais desde 1995” mencionados no início do presente trabalho, a construção civil brasileira mantém características historicamente

associadas à elevada dependência de mão de obra de natureza artesanal, com baixa incorporação tecnológica, alta rotatividade de funcionários e limitada incorporação de ganhos sistêmicos de produtividade observados em outros setores da economia dentro do mesmo período de análise. Esse cenário evidencia não apenas um descompasso estrutural, mas também a necessidade de reconfiguração dos modelos de gestão e produção adotados no setor.

Sendo assim, Koskela (1992) disseminou o Lean Construction a partir de onze principais princípios visando melhorar a produtividade do setor. Esses princípios podem ser resumidos em:

1. Redução significativa de atividades que não agregam valor (Retrabalhos, movimentações indevidas de recursos...)
2. Aumento do valor do produto por meio da valorização sistemática dos requisitos e necessidades dos clientes
3. Redução da variabilidade e das incertezas do processo
4. Redução do tempo de ciclo de cada serviço/etapa
5. Simplificação dos processos através da minimização de etapas, pessoas e partes
6. Aumento da flexibilidade na execução de um produto
7. Aumento da transparência e clareza do processo
8. Foco no controle de todo o processo
9. Estabelecimento de melhoria contínua e aprendizado com erros
10. Equilíbrio da Melhoria dos Fluxos com a melhoria dos resultados
11. Benchmarking para aprendizado com outras equipes, empresas, culturas e consultorias.

Em paralelo, os sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) surgiram historicamente como um diferencial estratégico que permite a construção de valor aos produtos, garante o desempenho dos sistemas e materiais, passa confiabilidade e confiança aos clientes e se torna uma vantagem competitiva dentro do mercado. Os conceitos se disseminam através de normatizações nacionais e internacionais que devem ser cumpridas e passam a ser estruturadas a partir de processos internos criados pelos departamentos de qualidade de cada uma das empresas para que, ao longo do processo e no produto final, sejam atendidos requisitos de qualidade e desempenho necessários. Mesmo com algumas divergências entre seus requisitos,

os SGQs convergem para princípios únicos que tem como referência o cumprimento das exigências técnicas dos fornecedores, a estruturação de processos e, principalmente, a qualidade final daquilo que é entregue aos clientes.

Sendo assim, os principais objetivos que convergem entre os Sistemas de Gestão da Qualidade presentes na construção civil são:

1. Garantia de cumprimento dos requisitos dos fabricantes e fornecedores
2. Garantia do desempenho dos sistemas presentes na edificação
3. Ações Corretivas e preventivas a partir de evidências e dados estatísticos
4. Padronização e Controle dos Processos
5. Engajamento dos envolvidos no processos
6. Melhoria Contínua
7. Controle do Fluxo de Informações e adversidades
8. Foco no Cliente e no produto final

Sob a perspectiva da integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), esse contexto revela uma oportunidade estratégica de transformação. Enquanto o Lean Construction propõe a eliminação sistemática de desperdícios, a estabilização dos fluxos produtivos, e a maximização da geração de valor ao cliente, os SGQ, especialmente aqueles fundamentados em normas como a ISO 9001, a NBR15575 e programas setoriais como o PBQP-H, promovem a padronização de processos, o controle da variabilidade e a melhoria contínua baseada em evidências. A convergência entre essas abordagens permite não apenas mitigar a baixa produtividade histórica, mas também alinhar desempenho operacional e qualidade final do produto.

Adicionalmente, o aumento da competitividade no setor, aliado à crescente escassez de mão de obra qualificada, reforça a necessidade de adoção de práticas gerenciais mais integradas e orientadas por processos bem estruturados. Nesse sentido, a combinação entre princípios e ferramentas Lean, como Last Planner System, PPC, planejamento colaborativo, produção puxada e transparência dos processos, e as ferramentas típicas dos SGQ, como procedimentos padronizados, indicadores de desempenho e auditorias sistemáticas, contribui para a construção de ambientes produtivos mais previsíveis, eficientes e com menor incidência de retrabalhos. Em suma, a interligação de resultados propostos pelo Lean Construction

em associação com a aplicação adequada dos Sistemas de Gestão da Qualidade acarreta na entrega de um produto final de maior valor agregado através de uma mão de obra mais produtiva, ou seja, permite indiretamente que as construtoras possam produzir melhor utilizando menos recursos.

Outro fator relevante refere-se à crescente dificuldade de atração e retenção de mão de obra jovem para os canteiros de obras, frequentemente caracterizados por condições adversas, serviços extenuantes e baixa atratividade financeira. Hoje em dia um jovem tem mais oportunidades de estudo desde cedo de forma que se afasta dos serviços braçais na intenção de através do conhecimento atingir a ascensão na vida. O amplo acesso à tecnologia também apresentou um mercado diferente para essa porcentagem da população onde serviços de aplicativo ou até trabalhos virtuais acabam sendo mais atrativos do que o esforço físico em um canteiro de obras. Esse desafio amplia a importância de estratégias estruturadas de capacitação e treinamento contínuo, que, quando alinhadas à lógica da melhoria contínua (kaizen), ao conceito dos trabalhadores terem autonomia nas tomadas de decisão por conhecerem o processo produtivo (Jidoka) e à gestão do conhecimento organizacional, tornam-se elementos centrais para a sustentabilidade e, conseqüentemente, o crescimento do setor. Nesse contexto, a integração metodológica entre Lean Construction e SGQ também se manifesta na valorização do capital humano, promovendo maior engajamento das equipes, desenvolvimento de competências e disseminação de boas práticas operacionais.

A valorização do capital humano dessarte pode ser evidenciada a partir dos benefícios simultaneamente gerados para a segurança do trabalho e ao meio ambiente. Ferramentas Lean, como a gestão visual e o planejamento colaborativo, aumentam a transparência das operações e o engajamento das equipes, facilitando a identificação antecipada de perigos e a adoção de medidas preventivas. Paralelamente, os SGQ estruturam procedimentos, registros e rotinas de controle que reforçam o cumprimento de requisitos normativos e boas práticas de segurança, promovendo uma cultura organizacional mais disciplinada e orientada à prevenção. Como resultado, observa-se não apenas a redução de acidentes, mas também a melhoria das condições ergonômicas, organizacionais e psicossociais dos trabalhadores. Em complemento, a racionalização do uso de recursos, a redução de perdas e a maior eficiência operacional proporcionadas por essas abordagens também geram impactos positivos sobre o meio ambiente, ao minimizar a geração de

resíduos, o consumo de materiais e os desperdícios inerentes aos processos construtivos. Além disso a previsibilidade sobre o processo construtivo permite o planejamento destinação, descarte e reaproveitamento de materiais de forma a gerar resultados financeiros para o custo final da obra.

Dessa forma, a articulação entre essas duas abordagens dentro dos canteiros de obras não deve ser compreendida como sobreposição de ferramentas, mas como um modelo sistêmico de gestão, no qual a busca por produtividade, qualidade e valor ao cliente ocorre de maneira simultânea e interdependente, respondendo de forma mais eficaz às limitações estruturais e aos desafios contemporâneos da construção civil. É importante se avaliar que práticas Lean possam ser incluídas nas fichas de verificação de serviço para que sejam avaliadas e cobradas ao longo do cotidiano da obra de forma intrínseca aos processos construtivos. A análise de estoque, estratégia de execução e movimentação de materiais tem que ser entendida como parte do processo produtivo uma vez que impacta diretamente sobre a produtividade dos funcionários. O planejamento de cada etapa da construção, para apresentar eficiência e assertividade, deve incluir também o controle sobre os recursos e etapas ocultas como transporte de materiais e limpeza dos resíduos visto que um serviço só deve ser considerado como concluído a partir do momento em que o ambiente está limpo e completamente liberado para que o próximo se inicie.

Isto posto, é possível correlacionar Lean Construction e Sistemas de Gestão de Qualidade ao apontar benefícios, sinergias e pontos de conversão entre seus objetivos, suas ferramentas e seus resultados práticos.

Tabela 7 - Integração entre Lean Construction (LC) e Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) na construção civil

<u>Lean Construction</u>	<u>Sistemas de Gestão da Qualidade (ISO9001 / PBQP-H/ NBR15575)</u>	<u>Benefícios a partir da Integração entre Lean Construction e SGQ</u>
Foco na Geração de Valor ao Cliente	Foco no Cliente e no Produto Final	Priorização da satisfação do cliente final e atendimento aos requisitos do produto.
Redução significativa de atividades que não agregam valor	Melhoria contínua e abordagem por padrões/processos	Redução de atividades que não agregam valor e aumento da eficiência dos processos.
Fluxo Contínuo de Produção	Abordagem sistêmica da gestão	Integração entre etapas produtivas, de forma sequencial, para maior eficiência global e continuidade no trabalho
Planejamento Puxado (Pull Planning - Last Planner System)	Tomada de decisão para ações corretivas e preventivas a partir de evidências e dados estatísticos	Execução orientada pela demanda real com base em dados confiáveis.
Redução da variabilidade e das incertezas dos processos	Controle e padronização de processos e métodos construtivos	Estabilização e previsibilidade dos processos para maior assertividade nos resultados. Redução de desperdícios e retrabalhos.
Melhoria Contínua (Kaizen) e Padronização dos Processos	Melhoria contínua dos processos e métodos construtivos	Aprimoramento constante dos processos construtivos e métodos de gestão.
Gestão Visual (Kanban)	Documentação do fluxo de informações e registro da comunicação	Facilita o controle e a transparência das atividades. Aumenta o engajamento e autonomia das equipes
Last Planner System	Padronização, monitoramento de desempenho e melhoria contínua	Garantia de sequência construtiva e conformidade técnica com a eliminação da restrição de recursos
PPC / Look Ahead (Planejamento de Curto, Médio e Longo Prazo)	Tomada de decisão baseada em dados e o controle sistemático dos processos	Planejamento colaborativo com maior comprometimento das equipes e redução das incertezas. Indicador de desempenho para controle do desempenho da produção a médio prazo
VSM - Value Stream Mapping (Identificação das atividades que geram valor no fluxo produtivo)	Gestão por processos bem definidos	Análise e Otimização contínua dos fluxos produtivos

Just In Time	Planejamento e Controle Operacional	Controle de recursos e fluxos visando a sincronização das diferentes frentes produtivas
Jidoka, Poka Yoke e Kaizen – Integração, padronização e engajamento da Cadeia Produtiva	Gestão de partes interessadas	Coordenação e Autonomia entre equipes. Análise de inconsistências a partir das equipes e sugestões de melhorias. Alinhamento da cadeia produtiva e processos junto a fornecedores

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

Em suma, a análise comparativa evidencia que o Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade possuem fundamentos altamente convergentes, ainda que com origens conceituais distintas ao longo de seus respectivos períodos históricos e consequentes motivações. Enquanto o Lean enfatiza a eficiência operacional e a maximização do valor por meio da previsibilidade da gestão, eliminação de desperdícios, engajamento da produção e melhoria do fluxo produtivo, os SGQ estruturam e sustentam essas melhorias por meio da padronização, controle, monitoramento sistemático e melhoria contínua dos processos. Apesar de se tratar de um setor altamente conservador, onde a resistência a inovação parte constantemente dos próprios trabalhadores, a análise comparativa evidencia a existência de boa margem evolutiva a partir da integração metodológica e, possivelmente a partir da inserção de novas tecnologias, para atendimento de uma gestão mais previsível, assertiva, sustentável e lucrativa para as construtoras. Dessa forma, a tabela comparativa apresenta que a integração entre essas abordagens proporciona um modelo robusto de gestão na construção civil, no qual a eficiência produtiva (Lean) e a confiabilidade dos processos (SGQ) atuam de forma complementar, potencializando ganhos em produtividade, qualidade e competitividade no setor.

3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 ENTREVISTAS ESTRUTURADAS: ANÁLISE DO PANORAMA PRÁTICO

A presente análise tem como propósito complementar o referencial teórico por meio de uma abordagem empírica, incorporando uma perspectiva prática acerca da aplicação dos princípios da Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade em canteiros de obras residenciais. Busca-se, assim, estabelecer uma articulação consistente entre os conceitos teóricos e os desafios contemporâneos enfrentados pela construção civil, com destaque para a redução de retrabalhos e desperdícios, a crescente escassez de mão de obra e a necessidade de incorporação de novas técnicas e tecnologias voltadas à gestão da produção.

A partir da realização de entrevistas com profissionais do setor, estruturadas com base em um roteiro previamente definido, torna-se possível compreender, de forma mais aprofundada, as dificuldades enfrentadas por construtoras atuantes no interior do Estado de São Paulo na implementação de sistemas de controle e gestão que assegurem eficiência produtiva, racionalização do uso de materiais, organização dos processos e qualidade nas entregas. Nesse contexto, a escassez de mão de obra, associada ao envelhecimento populacional e à reduzida atratividade do setor, evidencia a necessidade de adoção de práticas gerenciais mais eficientes, bem como da incorporação de tecnologias que possibilitem a otimização dos recursos disponíveis, o desenvolvimento das equipes e a ampliação da satisfação dos clientes.

Os três entrevistados são profissionais experientes, com vivência direta no cotidiano e gestão de obras, tendo sido selecionados de forma intencional para contemplar distintos níveis hierárquicos dentro de uma mesma construtora residencial com atuação no interior do Estado de São Paulo. Essa escolha metodológica possibilita uma análise mais abrangente e comparativa, permitindo identificar tanto convergências quanto divergências nas percepções de cada função de liderança acerca da integração entre os princípios do Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade.

Dessa forma, a principal finalidade desta abordagem consiste em enriquecer a discussão acadêmica por meio da integração entre os conceitos apresentados no referencial teórico e as percepções de profissionais com ampla experiência na construção residencial. A contribuição desses especialistas permite aprofundar a

análise acerca dos benefícios, das sinergias e das limitações inerentes à integração entre a Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade, além de evidenciar os principais entraves à sua aplicação prática. Tal reflexão mostra-se particularmente relevante diante do cenário de escassez de mão de obra, contribuindo para a proposição de diretrizes que auxiliem na preparação do setor da construção civil para demandas futuras, de forma mais estruturada, eficiente e resiliente.

3.1.1 Análise de Dados EC1

O primeiro entrevistado, doravante chamado de entrevistado EC1, é engenheiro civil, com pós graduação em sistemas construtivos de edificações, especialização em perícia predial e apresenta uma carreira com 16 anos atuando nas maiores construtoras residenciais do país. Atualmente o entrevistado ocupa o cargo de Gerente de Qualidade da maior construtora do centro-oeste que apresenta 4 obras em andamento também no interior do Estado de São Paulo. A trajetória profissional do entrevistado, que abrange experiências em obra, de estagiário a engenheiro sênior, no setor de pós-obra e no setor da qualidade, de coordenador a gerente, contribui significativamente para uma compreensão sistêmica dos processos construtivos, permitindo uma análise mais crítica e integrada das etapas do ciclo de vida do empreendimento residencial.

O entrevistado EC1, ao ocupar cargo de Gerente de Qualidade dessa construtora nacional com atuação também no interior do Estado de São Paulo em obras residenciais, observa uma visão consolidada e fundamentada na prática a respeito da integração entre os princípios da Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade no contexto da construção civil. Segundo o especialista, “Certamente, há uma forte relação entre os conceitos. De modo geral, observa-se que o termo qualidade é frequentemente associado, de forma imediata, à obtenção de certificações. No entanto, essa interpretação é limitada. A qualidade deve ser compreendida, sobretudo, como um instrumento estratégico voltado à redução de custos e prazos, por meio do aprimoramento dos processos produtivos. Nesse contexto, os princípios da Lean Construction apresentam total convergência com essa visão, uma vez que têm como objetivo a otimização dos sistemas produtivos, a eliminação de desperdícios e a maximização da eficiência operacional. Ao promover a sistematização dos processos e a redução de retrabalhos, a abordagem Lean contribui diretamente para o alcance de melhores resultados em termos de

desempenho e qualidade. Dessa forma, evidencia-se que ambos os conceitos são intrinsecamente complementares, estabelecendo uma relação de interdependência que potencializa a eficiência e a competitividade no setor da construção civil.”

No que se refere à Lean Construction, o entrevistado EC1 reconhece sua relevância estratégica no cenário atual da construção civil, especialmente diante da crescente escassez de mão de obra. Tal contexto, segundo sua percepção, tem impulsionado a necessidade de adoção de práticas mais eficientes, com foco na otimização de recursos, redução de desperdícios e aumento da produtividade. Essa visão está alinhada aos princípios fundamentais da filosofia Lean, que priorizam a eliminação de atividades que não agregam valor e a melhoria contínua dos processos produtivos. Ferramentas como o Kanban e o 5S são mencionadas como exemplos práticos já utilizados ou em fase de implementação, evidenciando uma transição gradual da empresa em direção a uma cultura mais enxuta.

Entretanto, o entrevistado EC1 aponta que o nível de maturidade da aplicação do Lean ainda é incipiente, não apenas na organização em questão, mas no setor como um todo. Essa limitação é atribuída, principalmente, a fatores como o custo de implementação de novas tecnologias e a necessidade de adaptação gradual dos processos. Ainda assim, destaca-se a abertura organizacional para inovação, o que configura um ambiente propício para a evolução contínua das práticas de gestão.

Dessarte, o especialista ressalta “A construção civil caracteriza-se, de forma predominante, por um processo produtivo de natureza artesanal, o que implica elevada dependência da mão de obra e significativa heterogeneidade quanto aos níveis educacionais de qualificação dos profissionais envolvidos. Esse cenário dificulta o alinhamento de entendimento e a padronização das práticas, tornando mais complexa a implementação de novos métodos e abordagens gerenciais. Adicionalmente, observa-se uma resistência cultural à mudança, frequentemente evidenciada pela adoção de práticas consolidadas ao longo do tempo, sob a justificativa de experiências anteriores bem-sucedidas. Tal comportamento representa um entrave relevante à introdução de inovações, exigindo que o processo de transformação seja conduzido de forma gradual, por meio do diálogo, da capacitação e do engajamento contínuo dos profissionais. Nesse contexto, destaca-se que a efetividade de qualquer iniciativa de melhoria está diretamente condicionada ao envolvimento da equipe operacional, uma vez que a execução das atividades depende, fundamentalmente, da atuação desses profissionais. Assim, a gestão de

peçoas assume papel central, sendo imprescindível promover o entendimento e a adesão dos colaboradores às novas práticas para que as mudanças propostas sejam efetivamente consolidadas.”

No âmbito dos Sistemas de Gestão da Qualidade, especialmente aqueles baseados em certificações como a ISO 9001 e o PBQP-H, o entrevistado EC1 apresenta uma visão que transcende o caráter meramente normativo. Para ele, tais sistemas devem ser compreendidos como instrumentos voltados à melhoria dos processos, à redução de custos e à garantia da satisfação do cliente, sendo as certificações uma consequência natural de uma gestão eficiente. Essa perspectiva reforça a ideia de que a qualidade deve estar intrinsecamente integrada à execução dos processos produtivos, e não limitada ao atendimento de requisitos formais.

Sendo assim, a integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade é percebida pelo entrevistado como direta e complementar. Ambos os conceitos convergem para objetivos comuns, como a redução de retrabalhos, a padronização de processos e o aumento da previsibilidade das atividades. Nesse sentido, o controle e a sistematização das informações são destacados como elementos-chave para a tomada de decisão, permitindo a identificação de causas de falhas e a implementação de melhorias com base em dados concretos.

Um dos pontos de maior destaque na entrevista refere-se ao impacto da redução de retrabalho sobre a produtividade e os resultados organizacionais. O retrabalho é caracterizado como um dos principais fatores de perda na construção civil, afetando diretamente custos, prazos e qualidade final do produto. Assim, a adoção de práticas Lean associadas a sistemas estruturados de controle da qualidade contribui significativamente para mitigar esse problema, promovendo maior eficiência operacional.

Sob a ótica da gestão, a integração dos conceitos analisados também favorece o aumento da previsibilidade dos processos, elemento essencial para o planejamento e controle de obras. A melhoria da confiabilidade das informações permite não apenas o cumprimento de prazos e orçamentos, mas também a entrega de produtos com maior qualidade, impactando positivamente a satisfação do cliente e a imagem da empresa no mercado.

Outro aspecto relevante diz respeito à incorporação do controle da qualidade ao fluxo produtivo. O entrevistado ressalta a importância de sistemas de verificação contínua, simples e acessíveis, que possibilitem o acompanhamento em tempo real

das atividades, evitando inspeções tardias e reduzindo a ocorrência de falhas. O entrevistado enfatiza que a burocratização excessiva dos processos de verificação, aliada às demais demandas cotidianas da equipe administrativa, faz com que a conferência não seja assertiva e eficiente no intuito de garantia de qualidade de cada uma das etapas dos serviços. Nesse contexto, ferramentas como checklists segmentados (FVS ou CQPs) e sistemas digitais de controle são destacados como mecanismos eficazes para operacionalizar essa integração.

Por fim, destaca-se a percepção do entrevistado quanto ao papel das novas tecnologias, como BIM, inteligência artificial e sistemas integrados de gestão, como facilitadores desse processo de transformação. Apesar das limitações relacionadas ao custo, reconhece-se que a adoção dessas tecnologias é inevitável e essencial para a competitividade das empresas no longo prazo. A tendência observada é de uma incorporação gradual dessas soluções, à medida que se tornam mais acessíveis e consolidadas no setor.

Dessa forma, conclui-se que a visão do Gerente de Qualidade converge com os fundamentos teóricos da Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade, evidenciando que a integração entre esses conceitos constitui um caminho promissor para o aumento da eficiência, da qualidade e da competitividade na construção civil, especialmente em um cenário marcado por restrições de mão de obra e crescente demanda por desempenho organizacional.

3.1.2 Análise de Dados EC2

O segundo entrevistado, doravante denominado como Entrevistado EC2, tem 29 anos, é engenheiro civil com pós graduação em andamento na área de gestão de obras e atualmente ocupa o cargo de engenheiro residente de uma obra residencial de cerca de 20 mil metros quadrados construídos, com 162 apartamentos dispostos em 21 pavimentos na cidade de Piracicaba/SP. A análise da entrevista realizada com o engenheiro residente evidencia uma trajetória profissional que contempla diferentes etapas do ciclo de vida do empreendimento, ou seja, desde o início como estagiário executando o controle da qualidade em obra, passando pelo pós-obra, até a atuação atual na gestão completa das edificações residenciais liderando mais de 100 funcionários. Essa vivência multifacetada contribui para uma compreensão sistêmica dos processos construtivos, permitindo relacionar de forma consistente os conceitos

de planejamento e gestão de obras, Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade.

Sob a perspectiva do planejamento e gestão de obras, observa-se que o profissional atribui elevada relevância à previsibilidade, controle de custos e cumprimento de prazos como pilares fundamentais para o sucesso dos empreendimentos. A experiência adquirida no setor de pós-obra reforça a importância do planejamento adequado na fase executiva, uma vez que falhas nessa etapa tendem a se manifestar posteriormente na forma de retrabalhos, patologias e insatisfação do cliente. Dessa forma, o planejamento deixa de ser apenas uma ferramenta de organização e passa a assumir papel estratégico na garantia da qualidade final do produto.

No que se refere ao Lean Construction, o entrevistado demonstra domínio conceitual e reconhece sua importância como resposta às demandas contemporâneas da construção civil, especialmente no contexto de aumento da competitividade e necessidade de ganho de produtividade. A aplicação de ferramentas como Last Planner System (LPS), 5S e mapeamento de fluxo de valor (Value Stream Mapping – VSM) evidencia uma evolução na forma como o planejamento vem sendo conduzido, migrando de uma abordagem tradicional para um modelo mais colaborativo, dinâmico e orientado à eliminação de desperdícios e assertividade nas decisões. Entretanto, a análise também revela que a maturidade da aplicação ainda se encontra em estágio intermediário, com desafios relacionados principalmente à disseminação cultural, aplicação de mais ferramentas e à capacitação das equipes.

Paralelamente, o Sistema de Gestão da Qualidade é compreendido pelo entrevistado EC2 como um elemento estruturante dos processos construtivos, responsável pela padronização das atividades, rastreabilidade das informações e garantia de conformidade dos serviços executados. Observa-se, contudo, que no entendimento do profissional sua aplicação prática ainda apresenta características reativas em determinados contextos, o que limita seu potencial preventivo e ainda acaba por gerar desperdício de recursos por meio dos retrabalhos. Essa constatação reforça a necessidade de evolução do sistema para uma abordagem mais integrada ao fluxo produtivo, alinhando-se aos princípios do Lean, desde o momento das primeiras inspeções e verificações de serviços.

A integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade é apontada pelo entrevistado EC2 como um fator determinante para o aumento da eficiência operacional. Enquanto o sistema de qualidade estabelece padrões e critérios de execução, o Lean atua na otimização desses processos, eliminando atividades que não agregam valor. Essa complementaridade se reflete diretamente na redução de retrabalhos, melhoria da terminalidade dos serviços e diminuição de desperdícios de materiais e recursos. Contudo, destaca-se a importância de evitar a excessiva burocratização dos processos de qualidade, seja por meio de uma linguagem pouco rebuscada e excessivamente técnica ou por meio de processos de verificação morosos que podem comprometer a agilidade necessária ao fluxo produtivo dentro da demanda cotidiana dos profissionais responsáveis.

Além disso, o entrevistado EC2 abrange um ponto fundamental que ainda não havia sido mencionado. A organização dos canteiros de obras oriunda de processos bem definidos e aplicação do Lean Construction impacta diretamente sobre a sustentabilidade da obra e a segurança no canteiro. Para ele, um canteiro de obras organizado e um fluxo produtivo com previsibilidade permitem que sejam definidos antecipadamente as ações que o departamento de segurança deve tomar para que todos trabalhem de forma segura e saudável e, portanto, fazem com que a construção tome ações preventivas sobre cada um dos serviços que podem apresentar riscos. O Lean Construction, ao priorizar a eliminação de desperdícios, sejam eles de materiais, tempo ou mão de obra, contribui diretamente para a diminuição da geração de resíduos e do consumo excessivo de insumos, aspectos críticos para a sustentabilidade na construção civil. Paralelamente, os Sistemas de Gestão da Qualidade promovem a padronização e o controle dos processos, reduzindo retrabalhos e falhas que frequentemente resultam em desperdícios adicionais e impactos ambientais negativos. Quando integrados ao planejamento da construção, esses modelos favorecem uma abordagem mais racional e responsável da produção, alinhando desempenho operacional à preservação ambiental e permitindo que exista um plano adequado de descarte dos resíduos que ainda são inerentes ao processo construtivo.

No contexto atual da construção civil brasileira, para o entrevistado EC2 a crise de mão de obra qualificada emerge como um dos principais desafios enfrentados pelo setor. A escassez de profissionais, aliada à baixa qualificação de parte da força de trabalho, impõe a necessidade de revisão dos modelos produtivos tradicionais. Nesse

cenário, a integração entre planejamento eficiente, práticas Lean e sistemas de qualidade estruturados apresenta-se como uma estratégia essencial para mitigar os impactos dessa crise. Ao promover a padronização, a redução de variabilidade e a eliminação de desperdícios, essa integração possibilita o aumento da produtividade mesmo com recursos humanos limitados, além de facilitar o treinamento e desenvolvimento de novos profissionais.

Outro aspecto relevante evidenciado na análise refere-se ao papel das lideranças e da cultura organizacional. A efetividade da aplicação desses conceitos está diretamente relacionada ao nível de engajamento das equipes e à capacidade das lideranças em disseminar uma cultura de melhoria contínua. A resistência à mudança, característica recorrente no setor, representa uma barreira significativa, sendo necessária a adoção de estratégias de capacitação, comunicação e demonstração de resultados práticos para promover a adesão dos envolvidos.

No que tange às novas tecnologias, o entrevistado EC2 destaca o potencial de ferramentas como BIM, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) na transformação dos canteiros de obras. Essas tecnologias contribuem para maior precisão no planejamento, integração de informações e monitoramento em tempo real das atividades. Além disso, insere-se nesse contexto a crescente tendência de industrialização da construção civil, por meio da adoção de sistemas construtivos mais racionalizados, pré-fabricação e automação de processos. O mesmo entrevistado EC2 ressalta também que a inserção de tecnologias como drones, impressão 3D e sistemas modulares garantem uma obra mais rápida, segura, limpa e previsível. Sendo assim, para ele, a industrialização, aliada ao uso de novas tecnologias, representa um caminho promissor para a redução da dependência de mão de obra intensiva, aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos empreendimentos.

Por fim, o entrevistado EC2 conclui que a integração entre planejamento e gestão de obras, Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade constitui o futuro do setor como um dos principais vetores de transformação da construção civil contemporânea. Embora ainda existem desafios relacionados à maturidade dos processos, cultura organizacional e limitações estruturais do setor, os benefícios associados a essa integração, especialmente no contexto de escassez de mão de obra e aumento da competitividade, já evidenciam sua relevância estratégica para o desenvolvimento sustentável das empresas e do setor como um todo e estão sendo refletidas diretamente sobre os prazos, custo e qualidade das edificações entregues.

3.1.3 Análise de Dados EC3

O terceiro entrevistado, doravante denominado Entrevistado EC3, possui 32 anos, é engenheiro civil e atualmente exerce o cargo de Gerente Geral de Obras em uma construtora de atuação nacional. Nessa função, é responsável pela supervisão de mais de 20 obras simultâneas, incluindo quatro dessas localizadas no Estado de São Paulo. Vindo de família de profissionais que atuam na construção civil e tendo mais de 10 anos de experiência no setor, todos eles na mesma empresa, sua trajetória profissional inclui passagens por diferentes áreas da companhia, como o setor de suprimentos, até consolidar sua atuação na gestão de obras. Seu ponto de maior destaque dentro da construtora, portanto, foi na administração como engenheiro e, posteriormente, na gestão como gerente de obras para desenvolvimento da empresa no interior do Estado de São Paulo. Sua evolução profissional ocorreu de forma progressiva, iniciando como estagiário, passando pelos diversos níveis da engenharia, ou seja, trainee, júnior, pleno e sênior, até alcançar o cargo de gerente de obras e, posteriormente, de gerente geral de todas as obras em andamento pelo Brasil.

A partir da entrevista realizada com o Gerente Geral de Obras, observa-se uma visão fortemente orientada à prática e à realidade operacional dos canteiros, especialmente no que se refere à integração entre os conceitos de Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade no contexto da construção civil. Sua trajetória profissional, marcada por ampla experiência prática desde a base operacional até posições de liderança, contribui para uma percepção crítica quanto à aplicabilidade das metodologias estudadas, evidenciando uma análise pautada na viabilidade real de implementação no cotidiano das obras.

No que se refere à Lean Construction, o entrevistado EC3 reconhece sua relevância conceitual e seu potencial como vetor de transformação do setor, sobretudo no que diz respeito à busca por maior produtividade, redução de desperdícios e racionalização dos processos construtivos. Entretanto, destaca que, apesar de sua robustez teórica, o Lean ainda apresenta baixa aplicabilidade prática nas obras, sendo frequentemente tratado de forma superficial ou restrita a iniciativas pontuais, como organização de canteiro e gestão de resíduos. Essa limitação é atribuída, principalmente, à baixa maturidade tecnológica da cadeia produtiva, aos custos envolvidos na implementação, a resistência cultural inerente ao setor e à ausência de

soluções efetivamente adaptadas à realidade operacional da construção civil brasileira.

Nesse sentido, o entrevistado aponta que o setor ainda apresenta características produtivas pouco evoluídas ao longo das últimas décadas, mantendo processos construtivos tradicionais com baixa inovação estrutural. A ausência de diferenciação percebida pelo cliente final em relação às tecnologias empregadas também é destacada como um fator limitante para investimentos mais robustos em práticas Lean, uma vez que tais melhorias, em muitos casos, não se traduzem diretamente em valor percebido no produto final.

Em relação ao Sistema de Gestão da Qualidade, o entrevistado demonstra uma visão consolidada quanto à sua importância na estruturação e padronização dos processos construtivos. O SGQ é compreendido como um instrumento essencial para garantir a previsibilidade, o controle e a repetibilidade das atividades, sendo diretamente responsável pela sustentação do planejamento e da gestão de obras. Destaca-se que os sistemas adotados pela empresa, apesar de pautados por normas e fichas técnicas, são construídos a partir das práticas efetivamente realizadas e validadas, o que reforça seu caráter aplicado e alinhado à realidade operacional.

A integração entre Lean Construction e SGQ é reconhecida como necessária, porém condicionada à existência de práticas Lean efetivamente implementadas no campo. O entrevistado enfatiza que não é possível estruturar processos de gestão baseados em conceitos que ainda não se consolidaram na prática, indicando que a integração deve ocorrer a partir da incorporação gradual de soluções viáveis ao cotidiano das obras. Dessa forma, o SGQ atua como meio de consolidação e controle dessas práticas, desde que previamente validadas em termos operacionais. Sobre esse quesito o entrevistado EC3 afirma “... a integração, ela vem através da inserção da prática, do dia a dia. Então, se você trabalha nisso, se você tem isso dentro da obra, ele vira consequentemente processo de gestão uma vez que é aplicado o ciclo PDCA para padronizar o processo e manter ele em melhoria contínua. Não tem como você criar um processo daquilo que não é aplicável. (...) A gente precisa desenvolver tecnologias e ferramentas aplicáveis, que estejam no dia a dia da obra, funcionais, para que elas sejam adequadas e desenhadas dentro do processo de gestão da qualidade.”

No âmbito da padronização de processos, o entrevistado destaca seu papel fundamental para empresas de grande porte, especialmente no que se refere à gestão

simultânea de múltiplas obras e equipes. A padronização é vista como condição indispensável para garantir consistência nos resultados, reduzir variabilidade e viabilizar o crescimento organizacional. Nesse contexto, tanto o Lean quanto o SGQ contribuem para a estruturação dos processos, ainda que com enfoques distintos: enquanto o SGQ formaliza e documenta os procedimentos, o Lean busca sua otimização contínua.

No que tange à redução de retrabalhos, desperdícios e falta de terminalidade, observa-se uma forte convergência entre os dois conceitos. O entrevistado associa diretamente a ocorrência de retrabalho à ausência ou falha na aplicação de processos bem definidos e de conferências bem executadas, destacando que a correta execução dos procedimentos, aliada ao treinamento e ao controle contínuo, é fundamental para garantir a qualidade e a eficiência produtiva. Nesse sentido, a integração entre Lean e SGQ potencializa a capacidade de prevenção de falhas e melhoria dos resultados operacionais.

Sob a ótica do planejamento e controle de obras, o entrevistado ressalta que os cronogramas, custos e índices de produtividade estão diretamente vinculados às práticas construtivas adotadas. Dessa forma, qualquer avanço significativo nesses indicadores depende, necessariamente, da revisão dos processos e da introdução de novas tecnologias. O planejamento, portanto, não é apenas uma ferramenta de controle, mas um reflexo direto da maturidade dos métodos executivos utilizados pela empresa.

A entrevista também evidencia a crise de mão de obra como um dos principais desafios enfrentados pelo setor. Nesse contexto, a integração entre Lean Construction, SGQ e novas tecnologias é apontada como uma alternativa estratégica para aumentar a produtividade e reduzir a dependência de mão de obra intensiva. A busca por soluções que otimizem processos e promovam maior eficiência operacional torna-se, assim, uma necessidade urgente para a sustentabilidade das empresas do setor.

No entanto, o entrevistado destaca que a principal barreira para a evolução e integração desses conceitos está relacionada à necessidade de mudanças estruturais e culturais em toda a cadeia produtiva, incluindo fornecedores, construtoras e instituições de ensino. A ausência de integração entre esses agentes da cadeia produtiva, aliada à distância entre a produção acadêmica e a realidade prática, dificulta o desenvolvimento e a disseminação de soluções aplicáveis.

Por fim, no que se refere às novas tecnologias, como BIM, inteligência artificial, Internet das Coisas e processos de industrialização da construção, o entrevistado EC3 reconhece seu potencial para impulsionar a integração entre Lean Construction e SGQ. Contudo, reforça que o desafio central não está apenas na existência dessas tecnologias, mas na sua efetiva incorporação aos processos produtivos de forma sustentável, prática e integrada. A industrialização da construção é apontada como um caminho promissor, especialmente no contexto de escassez de mão de obra e necessidade de aumento de produtividade.

Dessa forma, conclui-se que a visão do Gerente Geral de Obras evidencia uma abordagem pragmática e orientada à aplicabilidade, na qual evidencia que mesmo a integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade sendo fundamental para o futuro da construção civil, ela ainda depende diretamente da maturidade prática das soluções adotadas. Para corroborar a afirmação, o entrevistado EC3 afirma “...se a aplicação da metodologia não te traz indicadores, se você não consegue medir e acompanhar, ela perde seu sentido. Se você não mede, se você não acompanha, se você não tem indicador, você não gerencia. Porque tu não sabes o que tens de melhorar. Você fica cego sem saber o que está tendo de resultado. Então, elas cabem juntas e devem ser aplicadas de modo que as conferências dos serviços acabem abrangendo tanto parâmetros Lean quanto parâmetros de qualidade”. Tal perspectiva reforça a necessidade de aproximação entre teoria e prática, criando se possível treinamentos e checklists, sejam eles inseridos nas fichas de verificação de serviço ou não, para verificação cotidiana da aplicação prática dessa integração metodológica, bem como reforça a necessidade de uma transformação estrutural no setor, visando mudança cultural, capacitação profissional, aumento da eficiência produtiva, incremento da qualidade e ganhos para competitividade na construção civil.

3.1.4 Análise Cruzada: Referencial Teórico x Entrevistas Estruturadas

A análise comparativa das entrevistas realizadas com os três profissionais (EC1, EC2 e EC3) em relação ao referencial teórico construído evidencia uma convergência relevante entre as percepções do mercado e os fundamentos levantados da Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), ao mesmo tempo em que revela lacunas significativas quanto à aplicabilidade prática desses conceitos no contexto da construção civil residencial brasileira.

De forma geral, observa-se que o entrevistado EC1, até mesmo por sua carreira e formação, apresenta uma visão mais estratégica e consolidada do SGQ, associando a qualidade na construção civil à melhoria contínua de processos a partir da padronização e constante revisão dos mesmos e à redução de custos e prazos, em consonância com os princípios da filosofia Lean. Já o entrevistado EC2 demonstra uma abordagem mais operacional, evidenciando a aplicação prática de ferramentas Lean no planejamento e gestão de obras, ainda que avalie a aplicabilidade dos conceitos em estágio intermediário de maturidade. Por sua vez, o entrevistado EC3 adota uma perspectiva crítica e pragmática, destacando a baixa aplicabilidade prática do Lean Construction no cenário atual, sobretudo em função de limitações tecnológicas, culturais e econômicas, destacando, de forma unânime, a importância da padronização dos processos e foco no cliente para atendimento aos requisitos de qualidade e competitividade do mercado nacional.

Sendo assim, os entrevistados divergem quanto a maturidade da aplicação do Lean Construction nos canteiros de obra brasileiros. O entrevistado EC1 aponta que apesar da evolução gradual e abertura das organizações para aplicação do Lean nos processos cotidianos, o conceito ainda apresenta uma baixa maturidade geral por ser muito subaproveitado. Já o entrevistado EC2 apresenta uma visão mais entusiasmada sobre o Lean Construction por avaliar que o mesmo apresenta uma maturidade intermediária de aplicação prática e constantemente esbarra em limitações quanto a disseminação dos conceitos, capacitação das equipes e engessamento cultural do setor. O entrevistado EC3, em contrapartida, enfatizou que a partir do conhecimento que apresenta ele tem a clareza de que o Lean Construction apesar de ser o futuro da construção civil ainda é aplicado apenas de forma introdutória na prática.

Quanto aos Sistemas de Gestão da Qualidade os entrevistados convergiram para uma análise que considera os processos construídos como uma base estruturante e estratégica, com muito reflexo a partir das práticas organizacionais já existentes, para o atendimento da satisfação dos clientes. Entretanto, alertam que os processos necessitam de base teórica reconhecida e constante atualização, perante ao mercado e seus fornecedores, para se manterem alinhados com os requisitos e necessidades indispensáveis para a concretização do desempenho adequado para cada um dos sistemas. Também foi evidenciado que a burocratização excessiva dos processos de verificação e controle, por muitas vezes, acaba por perder efetividade a

ponto de se tornar um processo reativo onde segue gerando retrabalhos e desperdícios.

Outro ponto de destaque do SGQ refere-se à padronização de processos, amplamente reconhecida como fator essencial para a redução de retrabalhos, aumento da previsibilidade e melhoria da qualidade. Tal aspecto está diretamente relacionado à capacidade de planejamento e controle das obras, sendo evidenciado principalmente na fala do entrevistado EC2, que associa falhas de planejamento à ocorrência de patologias e perdas ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

No que se refere à integração entre Lean Construction e SGQ, há consenso entre os entrevistados quanto à complementaridade e sinergia entre os conceitos de modo que o Lean apresenta seu foco principal na otimização enquanto a qualidade tem como prioridade a padronização e melhoria contínua dos processos já otimizados. No entanto, a análise evidencia que essa integração ainda ocorre de forma parcial e, muitas vezes, condicionada à existência de práticas efetivamente aplicáveis no cotidiano das obras. Nesse sentido, o SGQ apresenta maior grau de maturidade, atuando como elemento estruturante dos processos, enquanto o Lean ainda se encontra em fase de consolidação prática no setor e em busca de participação mais ativa no cotidiano dos empreendimentos.

Dessa forma, os entrevistados enfatizam que a integração dos conceitos também é benéfica para o planejamento e gestão de obras. Além das ferramentas levantadas pelo EC1 e EC2, como o *Last Planner System* (LPS), outras como o mapeamento dos fluxos de valor (VSM) e as células de produção, induzem que os processos construtivos se aperfeiçoem conforme são testados e validados e, simultaneamente, outorgam a incorporação de novas tecnologias para que o planejamento se torne cada vez mais otimizado e eficiente. De forma indireta, é possível observar nas obras contemporâneas que a integração conceitual, mesmo em baixa maturidade, acaba criando uma gestão mais assertiva a partir da previsibilidade e confiabilidade dos processos, redução dos retrabalhos e desperdícios e, consequentemente, gerando satisfação do cliente a partir da qualidade do produto entregue.

A questão da mão de obra emerge como um dos principais desafios do setor, sendo apontada de forma unânime pelos entrevistados. A escassez de profissionais qualificados, aliada à elevada variabilidade operacional, reforça a necessidade de adoção de práticas mais eficientes, padronizadas e menos dependentes de execução

artesanal, o que aproxima a discussão da industrialização da construção civil. Tal processo se mostrou no referencial teórico como uma constante de mercado que deve se intensificar ano após ano em função do envelhecimento populacional e baixa atratividade da construção civil perante as novas oportunidades de geração de renda trazidas pela evolução tecnológica de outros setores.

Na esfera ambiental e de segurança, observa-se que, embora os conceitos de sustentabilidade e organização do canteiro estejam presentes, sua aplicação ainda ocorre de forma limitada e pouco integrada aos processos produtivos. A análise indica que a incorporação desses aspectos ao planejamento e à gestão, desde a fase de projeto até o fim do ciclo de vida do empreendimento, sob a ótica do Lean Construction e do SGQ, pode gerar ganhos significativos não apenas em desempenho operacional, mas também em responsabilidade socioambiental.

Por fim, destaca-se que as principais barreiras para a implementação efetiva desses conceitos não são de natureza exclusivamente técnica, mas predominantemente culturais e estruturais. A resistência à mudança, a baixa integração entre os agentes da cadeia produtiva e o distanciamento entre academia e mercado são fatores que limitam diretamente a evolução do setor.

Dessa forma, a análise comparativa conclui que a integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade representa um caminho promissor e, ao mesmo tempo, necessário para o aumento da eficiência, da produtividade e da competitividade na construção civil. No entanto, sua efetivação depende diretamente da aproximação maior entre teoria e prática, ou seja, entre universidades e construtoras no intuito de apresentar ganhos constantes na capacitação dos profissionais e na transformação cultural das organizações.

Quadro 1 - Análise Crítica Integrada entre EC1, EC2 e EC3 em relação a integração do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade

Dimensão	Síntese Comparativa dos Entrevistados	Análise Crítica das Entrevistas x Referencial Teórico	Implicações para a Construção Civil
<u>Lean Construction</u>	EC1: visão estratégica voltada para eficiência e redução de desperdícios; EC2: aplicação parcial (subaproveitado); EC3: baixa aplicabilidade prática.	Desalinhamento entre teoria e prática, indicando baixa internalização e maturidade do Lean como modelo produtivo predominante apesar da abertura organizacional.	Necessidade de adaptação dos conceitos Lean à realidade operacional brasileira buscando maior aplicabilidade prática.
<u>SGQ</u>	EC1: instrumento estratégico para melhoria de processos; EC2: base estruturadora; EC3: reflexo da prática.	Maior maturidade por sua natureza normativa e obrigatória, porém com características ainda reativas e baseadas nos processos construtivos já validados	SGQ atua com foco na satisfação do cliente e como uma base estruturante para incorporação de práticas Lean que otimizem processos e tragam uma visão preventiva nas verificações.
<u>Integração Lean + SGQ</u>	EC1: complementar e	Sem aplicação prática do Lean, o	Integração incremental e

	sinérgico; EC2: essencial; EC3: fundamental e condicionada à prática.	SGQ limita-se ao controle e não à otimização. Se integrados adequadamente tendem a ser o futuro da construção civil	orientada por dados. O Lean, aplicado a prática, otimiza processos e o SGQ padroniza e trabalha para a melhoria contínua.
<u>Planejamento e Gestão de Obras</u>	EC1: previsibilidade e confiabilidade dos processos; EC2: estratégico ligado a redução de falhas e aumento da qualidade; EC3: dependente da execução.	Planejamento ainda reativo em muitos casos. Lean e SGQ, se integrados, podem otimizar ciclo produtivo, reduzir retrabalhos e gerar satisfação dos clientes com o aumento de qualidade nas entregas	Adoção do LPS pode elevar confiabilidade dos cronogramas. O planejamento necessita se aperfeiçoar e incorporar novas tecnologias para se tornar cada vez mais otimizado e eficiente
<u>Retrabalho, desperdícios e falta de terminalidade</u>	EC1: principal perda; EC2: falha de planejamento; EC3: falha de processo.	Consenso reforça aderência aos princípios Lean e a necessidade de padronização de processos de verificação menos burocráticos, voltados a	Redução de retrabalho é vetor central de produtividade. Ganhos na qualidade, custo e prazo de uma obra geram impactos diretos na

		prevenção e mais eficientes	competitividade empresarial
<u>Padronização e Melhoria Contínua</u>	EC1: fundamental; EC2: essencial; EC3: indispensável.	Forte convergência das respostas demonstra maturidade conceitual. Controle, rastreabilidade, previsibilidade e qualidade refletem na eficiência operacional.	Base para escalabilidade, controle e melhoria contínua das obras. Facilita na formação e retenção de profissionais qualificados.
<u>Cultura Organizacional</u>	EC1: resistência; EC2: necessidade de disseminação cultural; EC3: desintegração da cadeia.	Principal barreira identificada, acima das limitações técnicas. O engajamento das lideranças e setor produtivo devem ser o ponto de partida para modernização do setor e toda cadeia produtiva.	Mudança cultural é pré-requisito para transformação do setor. Capacitações, treinamentos e disseminação dos benefícios são fundamentais para o entendimento coletivo.
<u>Inovações Tecnológicas e Técnicas</u>	EC1: facilitadora; EC2: transformadora; EC3: depende de aplicabilidade.	Tecnologia existe, mas não está plenamente incorporada aos processos. O setor da construção civil	Apesar de todas serem bem vindas, o foco deve ser na aplicabilidade e não apenas na

		se moderniza mais lentamente que os demais setores e demora para viabilizar novas tecnologias. Processo tem que ser gradual e contínuo, mas apresenta forte potencial transformador.	inovação em si. Devem ser aplicadas em toda a cadeia produtiva visando reduzir dependência da mão de obra artesanal e otimizar os processos.
<u>Mão de obra</u>	EC1: Baixa qualificação e alta dependência; EC2: escassez crítica; EC3: principal problema.	Fator convergente que impulsiona transformação nos processos produtivos e de gestão da construção civil.	Integração entre Lean e SGQ somado ao avanço da industrialização serão o futuro da construção civil como resposta à crise de mão de obra.
<u>Meio ambiente</u>	EC1: redução de desperdícios; EC2: sustentabilidade ativa; EC3: crítica prática do setor apenas tratar resíduos e não evitar a geração deles ao longo da cadeia produtiva	Avanço conceitual, porém, baixa efetividade sistêmica. Lean reduz desperdícios e SGQ garante controle ambiental e descarte adequado dos resíduos.	Integração Lean + SGQ pode reduzir impactos ambientais.

<u>Segurança</u>	EC1: indireta; EC2: direta via organização; EC3: indireta.	Segurança ainda tratada como consequência, não como parte do processo. O foco em organização e padronização auxiliam na segurança do trabalho.	Integração do Lean + SGQ ao planejamento em todo ciclo de vida do empreendimento pode elevar níveis de segurança e melhorar as condições de trabalho dos funcionários
<u>Barreiras da Integração Lean Construction + Sistemas de Gestão da Qualidade</u>	EC1: cultura e qualificação; EC2: cultura, capacitação e burocratização; EC3: desalinhamento entre teoria e prática.	Barreiras estruturais e sistêmicas. Necessidade de maiores programas de capacitação das equipes para entendimento coletivo dos benefícios gerados da integração entre Lean e SGQ	Integração entre academia, indústria e mercado formará processos construtivos mais eficientes, melhores profissionais e produtos mais tecnológicos.
<u>Benefícios da Integração Lean Construction + Sistemas de Gestão da Qualidade</u>	EC1: eficiência, qualidade e competitividade; EC2: custo/prazo, produtividade e sustentabilidade;	Benefícios claros em produtividade, qualidade, sustentabilidade custo e prazo nas obras apesar das	Integração é caminho inevitável para competitividade e sustentabilidade

	EC3: transformação através de aplicabilidade prática e alinhamento com as novas tecnologias.	dificuldades com mão de obra	das construtoras no mercado.
--	---	---------------------------------	---------------------------------

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4. DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica realizada e da análise comparativa das entrevistas conduzidas com profissionais atuantes em diferentes níveis hierárquicos de uma construtora residencial, verificou-se que a integração entre os princípios do Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ) representa uma oportunidade concreta para elevar os níveis de produtividade, previsibilidade, qualidade e competitividade da construção civil brasileira.

A presente pesquisa demonstra em seu desenvolvimento que, embora ambos os modelos possuam fundamentos complementares, ainda há significativa distância entre o potencial teórico dessa integração e sua aplicação prática no cotidiano dos canteiros de obras. Observam-se, de modo geral, entraves relacionados à resistência cultural, baixa qualificação da mão de obra, falta de alinhamento da cadeia produtiva, excesso de burocracia documental, fragilidade do planejamento e limitada utilização de tecnologias digitais.

Portanto destacam-se, inicialmente, entraves de natureza cultural e organizacional, especialmente a resistência à mudança e a predominância de uma abordagem reativa da qualidade, ainda centrada em inspeções posteriores à execução. Esse cenário dificulta a adoção de práticas preventivas, como a vinculação do SGQ ao planejamento de curto prazo e o uso integrado do Last Planner System.

No âmbito da gestão prática dos canteiros de obras, a fragilidade do planejamento e o desalinhamento entre áreas da cadeia produtiva comprometem a previsibilidade das operações e limitam a efetividade de diretrizes que dependem de integração entre engenharia, suprimentos, produção e qualidade. Soma-se a isso o excesso de burocracia documental, que afasta o sistema de gestão da realidade do canteiro, reduzindo a adesão das equipes aos instrumentos de controle.

Além disso, a baixa qualificação da mão de obra e a necessidade contínua de capacitação representam obstáculos diretos à padronização dos processos, à redução de retrabalhos e à incorporação de novas tecnologias. Nesse sentido, a limitada utilização de ferramentas digitais também restringe o avanço de soluções como BIM, Inteligência Artificial e IoT, fundamentais para aumentar a eficiência e a qualidade das decisões.

Isto posto, cabe a todas construtoras e empresas do setor que agreguem valor às suas equipes de planejamento, reduzam retrabalhos, e aumentem qualidade dos

serviços para que o consumidor tenha credibilidade em fazer um investimento elevado como é de padrão no mercado imobiliário. É inevitável que se busquem também, em paralelo, outras inovações tecnológicas, como investimentos em IA, recursos industrializados, IoT, BIM, drones, bancos de dados integrados e, principalmente, inovações metodológicas para que seja viável aplicar soluções efetivas de reduções de custo dentro dos cenários de produção conservadores que o meio é ambientado e se potencializem os resultados propostos pela integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade.

Para isso, julga-se necessário, como mudança metodológica primária, que se incentivem os investimentos em tecnologias, capacitações e, principalmente, em ferramentas de controle de produtividade e controle dos sistemas de gestão da qualidade, através da padronização de processos executivos abrangentes e detalhados, treinamentos da equipe produtiva, preparação teórica das lideranças e auditorias de fiscalização da aplicação conceitual, para que se garanta que apliquem na prática, os processos estabelecidos pelo SGQ em sintonia aos princípios Lean buscando maior organização, segurança, sustentabilidade, previsibilidade, eficiência e, principalmente, para que se possam reduzir os retrabalhos e, conseqüentemente, gerar qualidade sob possibilidade de reduzir custos de obra. Tal prática deve ser valorizada pelas lideranças das organizações uma vez que reduções de custo dos processos existente, pela eliminação de desperdícios, instigam diretamente no aumento da lucratividade dos projetos, sem reflexos na qualidade das entregas e, conseqüentemente, engajam a expansão da organização de forma organizada e estruturada.

Nesse contexto, propõem-se as seguintes diretrizes práticas para a implementação integrada entre Lean Construction e SGQ, especialmente voltadas às construtoras residenciais do interior do Estado de São Paulo.

a) Vincular o Sistema de Qualidade ao Planejamento de Curto Prazo

A integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade e o planejamento de curto prazo representa uma das medidas mais relevantes para elevar a eficiência operacional nos canteiros de obras. Tradicionalmente, o controle da qualidade ocorre de forma posterior à execução dos serviços, atuando de maneira corretiva. Entretanto, recomenda-se que os critérios de qualidade sejam incorporados previamente ao planejamento semanal das atividades, permitindo uma atuação preventiva. Dessa

forma, cada tarefa programada deve conter requisitos claros de execução, inspeção e aceitação técnica. As reuniões semanais devem abranger o andamento da verificação e organização dos serviços em execução e a liberação das próximas etapas através da previsibilidade de datas de conclusão da etapa anterior, posicionamento de insumos e liberação de cada ambiente para mão de obra. Tal prática reduz retrabalhos, aumenta a previsibilidade do cronograma e melhora a terminalidade dos serviços. Na prática, portanto, essa diretriz pode ser aplicada mediante reuniões semanais entre lideranças da engenharia, produção e qualidade, nas quais sejam definidos os pontos críticos de verificação de cada frente de trabalho.

b) Implantar o Last Planner System integrado aos controles da qualidade

O Last Planner System (LPS) constitui uma ferramenta Lean amplamente reconhecida por aumentar a confiabilidade do planejamento operacional através de um planejamento de médio prazo. Sua integração com os controles da qualidade permite que somente atividades plenamente preparadas sejam liberadas para execução. Isso significa garantir, previamente, a disponibilidade de projetos atualizados, materiais, mão de obra, equipamentos e requisitos técnicos mínimos. Essa abordagem reduz interrupções, evita improvisações e amplia a produtividade das equipes. Além disso, contribui para o aumento do Percent Plan Complete (PPC), indicador relevante de cumprimento do planejamento. No cotidiano da obra, recomenda-se utilizar checklists de prontidão antes da liberação das atividades, integrando os setores de suprimentos, engenharia e qualidade onde cada um deles está ciente das suas obrigações e necessidades para que os serviços não tenham restrições no momento de seu início.

c) Simplificar fichas de verificação de serviços (FVS)

Em diversas organizações, as fichas de verificação de serviços tornam-se excessivamente burocráticas, extensas e pouco funcionais para a dinâmica operacional dos canteiros. Como consequência, os registros tendem a ser incompletos ou realizados apenas formalmente. Nesse contexto, recomenda-se simplificar as FVS, transformando-as em instrumentos objetivos, visuais e de fácil preenchimento. Essa medida favorece maior adesão das equipes, agilidade operacional e melhoria da rastreabilidade das informações. A aplicação prática pode ocorrer por meio de formulários digitais em tablets ou celulares, contendo fotografias

ilustrativas, QR Codes e critérios resumidos de inspeção. Assim, o controle da qualidade deixa de ser apenas documental e passa a atuar efetivamente como uma ferramenta gerencial que apresenta indicadores, rastreabilidade e efetivo cumprimento normativo.

d) Criar indicadores únicos de produção e qualidade

A separação entre indicadores de produtividade e indicadores da qualidade dificulta a tomada de decisão sistêmica nas obras. Nesse sentido, recomenda-se consolidar ambos em um único painel gerencial, capaz de demonstrar simultaneamente desempenho operacional e conformidade técnica. Essa integração permite decisões mais rápidas, maior alinhamento entre setores e visão global do empreendimento. Indicadores como PPC, índice de retrabalho, produtividade por equipe, perdas de materiais e número de não conformidades devem ser acompanhados em conjunto. Na prática, sugere-se a criação de dashboards digitais atualizados quinzenalmente e discutidos em reuniões gerenciais, promovendo ações corretivas baseadas em dados concretos.

e) Padronizar processos executivos

A padronização dos processos executivos é fundamental para reduzir variabilidade e elevar a qualidade final das edificações. Serviços repetitivos e de alto impacto, como alvenaria, impermeabilização, revestimentos e estrutura, devem possuir procedimentos operacionais claros e tecnicamente validados. A ausência de padrões favorece erros recorrentes, retrabalhos e dependência excessiva da experiência individual dos executores. Em contrapartida, processos padronizados facilitam treinamentos, aceleram a curva de aprendizagem e aumentam a previsibilidade dos resultados. Recomenda-se elaborar Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) com linguagem simples, apoio visual e identificação de seus principais pontos de atenção nos pavimentos e áreas produtivas. A primeira execução deve sempre ser inspecionada pelo engenheiro, encarregados e mestre de obras para que o serviço inicie da forma correta com alinhamento entre liderança e produção.

f) Utilizar gestão visual no canteiro

A gestão visual é um dos pilares da filosofia Lean e possui elevada aplicabilidade na construção civil. O uso de painéis, sinalizações e indicadores expostos no ambiente produtivo amplia a transparência operacional e reduz ruídos de

comunicação. Além disso, favorece o engajamento das equipes, pois todos passam a compreender metas, desempenho e prioridades da obra. A gestão visual também reduz dependência de ordens exclusivamente verbais, tornando a operação mais organizada. Na prática, recomenda-se instalar painéis próximos às áreas de circulação e vivência, contendo metas semanais, cronograma resumido, alertas de qualidade, indicadores de segurança e desempenho das equipes. Esses painéis em refeitórios, próximos a elevadores cremalheira e próximo do almoxarifado incentivam que em qualquer tempo ocioso a equipe produtiva entenda o desenvolvimento da obra e se torne mais engajada.

g) Integrar treinamento operacional com qualidade

Os treinamentos realizados nos canteiros frequentemente concentram-se apenas em temas normativos ou de segurança, negligenciando aspectos produtivos e técnicos. Recomenda-se que os programas de capacitação integrem produtividade, método executivo, segurança e critérios de qualidade simultaneamente. Essa abordagem contribui para melhor desempenho da mão de obra, redução da curva de aprendizagem e diminuição de falhas recorrentes. Em um setor marcado por elevada rotatividade, a capacitação contínua torna-se diferencial competitivo. Como aplicação prática, sugere-se a realização de DDS técnicos, em frequência determinada pela obra, com demonstrações práticas dos serviços, apresentação de erros comuns e reforço dos padrões esperados. Esses treinamentos devem abranger desde a movimentação dos materiais quanto a sequência executiva correta, os itens que serão inspecionados ao longo do processo e as necessidades de segurança. Todo serviço deve-se fazer um alerta sobre os resíduos gerados e a destinação correta dos mesmos. A frase “Serviço terminado é serviço executado de acordo com a norma, com ambiente limpo após a execução e preparado para o próximo” deve se tornar cultural dentro dos canteiros de obras.

h) Estruturar programas de redução de retrabalho e terminalidade dos serviços

O retrabalho representa uma das principais fontes de desperdício na construção civil, impactando custos, prazos e satisfação do cliente final. Por essa razão, recomenda-se estruturar programas formais de identificação, mensuração e eliminação de suas causas-raiz. Tal iniciativa proporciona economia direta de recursos, melhora a produtividade e aumenta a confiabilidade do cronograma. A

aplicação prática envolve registrar ocorrências de retrabalho por categoria, setor ou tipo de serviço, mensurando horas perdidas e custos associados. Posteriormente, as informações devem subsidiar planos de ação corretiva e preventiva aplicados e discutidos mensalmente pela liderança da obra.

i) **Aplicar BIM como ferramenta de prevenção e planejamento**

O Building Information Modeling (BIM) deve ser compreendido como ferramenta estratégica de prevenção de falhas e não apenas como recurso de modelagem gráfica. Sua utilização permite compatibilizar previamente projetos complementares, identificar interferências e melhorar o planejamento executivo. Os projetos em BIM devem apresentar os quantitativos de forma adequada para que a engenharia possa demandar seu ativo tempo em produtividade e qualidade do canteiro e exista celeridade nas solicitações de insumos. Como resultado, há menor improvisação em campo, menor incidência de falta de insumos, redução de retrabalhos e maior previsibilidade logística. A prática recomenda reuniões periódicas entre projetistas, engenharia e produção para análise dos modelos digitais antes do início das etapas críticas. Assim, problemas que antes surgiriam no canteiro podem ser resolvidos virtualmente, com menor custo e maior eficiência.

j) **Utilizar Inteligência Artificial para análise de dados**

A crescente digitalização dos canteiros gera grande volume de dados operacionais, muitas vezes subutilizados. Nesse cenário, a Inteligência Artificial pode apoiar a tomada de decisão por meio da identificação de padrões, tendências e riscos futuros. A tecnologia permite prever atrasos, correlacionar produtividade com clima, dimensionamento de equipes ou falhas recorrentes de qualidade. Suas vantagens incluem decisões mais assertivas e apoio estratégico à liderança. Na prática, recomenda-se utilizar softwares integrados ou plataformas analíticas capazes de consolidar dados de obra e gerar alertas automáticos de desvios relevantes onde atitudes preventivas devem ser tomadas. Para a equipe produtiva os padrões estabelecidos podem ser fornecidos na forma de inteligência artificial para que dúvidas quanto ao processo executivo sejam sanadas de maneira ágil e o foco seja todo em produtividade.

k) Implantar sensores IoT para controle operacional

A Internet das Coisas (IoT) possibilita monitoramento em tempo real de recursos, equipamentos e condições produtivas do canteiro. Sensores conectados podem controlar consumo de água e energia, temperatura de concretagem, localização de ativos como ferramentas no canteiro, controle de almoxarifado e utilização com precisão de máquinas de grande porte. Uma ferramenta IoT que auxilie no controle de estoque todos os materiais recebidos no canteiro e alerte para aqueles que chegam em nível crítico a tempo de ser realizada uma nova solicitação pode reduzir o número de restrições e aumentar a assertividade dos planejamentos curto e médio prazo. Essa mesma ferramenta pode apresentar uma ficha que demonstre os locais onde esse material pode ser aplicado evitando assim desalinhamento com as normas técnicas desde o momento da saída dos insumos do almoxarifado. Essa rastreabilidade favorece redução de desperdícios, melhoria logística e maior rapidez nas decisões. Em obras com múltiplas frentes simultâneas, tais tecnologias tornam-se ainda mais relevantes visto que a inspeção de uma liderança, devido a demanda de serviços, pode acabar sendo tardia e já ter gerado algum tipo de retrabalho. Como aplicação prática, recomenda-se iniciar com pilotos simples, como medição automatizada de consumo e rastreamento de equipamentos críticos para gradualmente ir aplicando evoluções do sistema.

l) Estimular industrialização da construção

A industrialização da construção civil apresenta elevado potencial para enfrentar a escassez de mão de obra e aumentar a produtividade setorial. Sistemas modulares, kits hidráulicos, pré-fabricação e componentes racionalizados reduzem etapas artesanais, garantem a qualidade executiva e aumentam repetibilidade. Entre as principais vantagens destacam-se ganho de velocidade, melhor qualidade, menor geração de resíduos e redução de riscos ocupacionais. Na prática, as empresas devem mapear serviços passíveis de industrialização e substituir gradualmente métodos tradicionais por soluções pré-montadas, especialmente em empreendimentos residenciais repetitivos. Entretanto, para a efetividade da ação, é necessário que academia, indústrias e construtoras apresentem alinhamento da cadeia produtiva e busquem sempre entender a aplicabilidade de cada solução antes da disseminação da mesma no mercado.

m) Integrar segurança ao fluxo produtivo

A segurança do trabalho não deve atuar como setor isolado, desconectado da produção e fiscalizado apenas para evitar punições dos órgãos de controle. Pelo contrário, precisa estar integrada ao planejamento das atividades, em consonância com os princípios Lean, para garantir um ambiente saudável e agradável para o desenvolvimento das atividades executivas. Essa abordagem reduz acidentes, evita paralisações e fortalece a imagem profissional da empresa. Cada frente de trabalho planejada deve conter análise prévia de riscos, recursos de proteção necessários e responsáveis definidos. Os procedimentos executivos já devem apontar em sua conclusão os riscos e soluções plausíveis para que o serviço seja executado em segurança sempre com o adendo que as situações devem ser avaliadas de forma exclusiva ponderando a necessidade de ações adicionais conforme a realidade de cada canteiro de obra. Na prática, recomenda-se que as reuniões semanais de planejamento contem com participação ativa da segurança do trabalho, permitindo ações preventivas e não apenas corretivas, e entendendo o fluxo produtivo a ser seguido.

n) Inserir sustentabilidade nos indicadores da obra

Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade convergem naturalmente para o uso racional de recursos. Assim, recomenda-se inserir indicadores ambientais na rotina gerencial da obra, transformando sustentabilidade em tema mensurável. Entre os principais benefícios estão menor geração de resíduos, economia de materiais e fortalecimento da imagem institucional perante clientes e mercado. Na prática, podem ser monitoradas perdas por pavimento, consumo de água por fase executiva, taxa de reciclagem e destinação correta de resíduos. Tal medida contribui para uma gestão mais moderna e alinhada às exigências contemporâneas.

o) Fortalecer liderança de campo

Nenhuma transformação organizacional se sustenta sem liderança efetiva no canteiro de obras. Mestres, encarregados e engenheiros exercem papel decisivo na disseminação da cultura Lean e no cumprimento dos padrões da qualidade. Lideranças capacitadas promovem maior engajamento das equipes, resolvem problemas com rapidez e reduzem resistências à mudança. Além disso, tornam-se elo entre estratégia corporativa e execução operacional. Recomenda-se investir

continuamente na formação desses profissionais em liderança, comunicação, análise de indicadores e ferramentas Lean/SGQ, garantindo que a mudança cultural se consolide no cotidiano das obras.

p) Fortalecimento da Cultura Organizacional e desenvolvimento contínuo da mão da obra

Com as lideranças alinhadas é necessário expandir a importância da integração dos sistemas de forma a estabelecer uma cultura organizacional onde o ganho de uma hierarquia reflete diretamente no ganho da sua subsequente. A atuação consistente de engenheiros, mestres de obras, encarregados e gestores é determinante para promover o engajamento das equipes, estimular a resolução estruturada de problemas e consolidar comportamentos alinhados à eficiência operacional. Dessa forma, capacitação e cultura organizacional configuram pilares complementares para sustentar mudanças duradouras e ampliar a competitividade das construtoras residenciais. A capacitação de todas as frentes de serviço é fundamental para enfrentar a escassez de mão de obra e deve ser aplicada na prática através de investimentos contínuos em capacitação e desenvolvimento da mão de obra. Em um setor ainda fortemente dependente de atividades operacionais e marcado por diferentes níveis de qualificação profissional, o treinamento sistemático das equipes torna-se essencial para reduzir a variabilidade dos processos, elevar a produtividade e ampliar a aderência aos padrões executivos estabelecidos. Além disso, a formação técnica contínua contribui para diminuir falhas recorrentes, retrabalhos e resistências à adoção de novos métodos construtivos.

Sendo assim, as diretrizes propostas ao longo deste estudo evidenciam que a integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade transcende a simples adoção de certificações formais ou a aplicação fragmentada de ferramentas gerenciais. Trata-se, sobretudo, de uma transformação estrutural na forma de planejar, executar, controlar e aperfeiçoar os processos construtivos. Enquanto o Sistema de Gestão da Qualidade oferece bases sólidas de padronização, rastreabilidade, conformidade técnica e estabilidade operacional, a filosofia Lean Construction complementa esse modelo ao introduzir princípios voltados à eliminação de desperdícios, à geração de valor ao cliente, à melhoria contínua e ao aumento da fluidez produtiva nos canteiros de obras.

Quadro 2 - Diretrizes para integração entre Lean Construction (LC) e o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na construção civil

Item	Diretrizes	Aplicação prática
1	Sistema de Qualidade e Planejamento de Curto Prazo	Reuniões semanais entre engenharia, produção e qualidade para definir requisitos de inspeção e aceitação antes do início das tarefas.
2	Last Planner System (LPS) Integrado	Uso de checklists de prontidão integrando suprimentos e engenharia para garantir o cumprimento do PPC.
3	Simplificação das FVS	Adoção de formulários digitais em tablets/celulares com fotos, QR Codes e critérios resumidos de inspeção.
4	Indicadores Únicos (Produção + Qualidade)	Criação de dashboards digitais quinzenais correlacionando PPC, retrabalho, produtividade e perdas de materiais.
5	Padronização de Processos Executivos	Elaboração de POPs visuais e inspeção obrigatória da primeira execução pelas lideranças.
6	Gestão Visual no Canteiro	Instalação de quadros de metas e alertas de qualidade em locais de grande circulação.
7	Treinamento Operacional Integrado	Realização de DDS técnicos com demonstrações práticas e foco na terminalidade do serviço.
8	Redução de Retrabalho	Registro de ocorrências de retrabalho por categoria e mensuração de custos para discussão mensal.
9	BIM para Prevenção	Reuniões periódicas de análise do modelo digital antes de etapas críticas para resolver interferências virtualmente.

10	IA para Análise de Dados	Uso de softwares analíticos para prever atrasos e IA para sanar dúvidas técnicas da equipe em campo.
11	Sensores IoT no Controle	Projetos-piloto de medição de consumo e rastreamento de ativos; alertas automáticos de estoque crítico.
12	Industrialização da Construção	Mapeamento de serviços passíveis de pré-montagem e alinhamento com fornecedores.
13	Segurança Integrada ao Fluxo	Participação ativa do técnico de segurança nas reuniões de planejamento semanal.
14	Sustentabilidade nos Indicadores	Acompanhamento de reciclagem, resíduos e consumo de água/energia por fase da obra.
15	Fortalecimento da Liderança de Campo	Treinamentos contínuos de liderança, comunicação e análise de indicadores.
16	Cultura Organizacional e Capacitação	Programas sistemáticos de qualificação técnica para reduzir resistência a novas tecnologias.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2026)

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises desenvolvidas ao longo desta pesquisa, verifica-se que a integração entre os princípios do Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade configura-se como uma resposta estratégica aos desafios contemporâneos da construção civil brasileira, especialmente no segmento residencial do interior do Estado de São Paulo. Em um cenário caracterizado pela elevação dos custos construtivos, maior competitividade entre empresas, exigência crescente dos consumidores, necessidade de previsibilidade dos empreendimentos e escassez progressiva de mão de obra qualificada, torna-se evidente que os modelos tradicionais de gestão, baseados em práticas fragmentadas e excessivamente artesanais, mostram-se cada vez menos adequados para sustentar desempenho elevado, expansão empresarial e crescimento consistente no longo prazo.

A construção civil nacional ainda apresenta limitações históricas relacionadas à baixa produtividade, desperdícios recorrentes, retrabalhos, falhas de planejamento, variabilidade de processos e reduzida velocidade de incorporação de inovações gerenciais e tecnológicas. Nesse contexto, a revisão bibliográfica realizada permitiu constatar que o Lean Construction oferece fundamentos relevantes ao propor a eliminação de atividades que não agregam valor, a melhoria contínua, a racionalização dos fluxos produtivos, a estabilidade operacional e a geração de valor ao cliente. Paralelamente, os Sistemas de Gestão da Qualidade demonstram elevada importância ao fornecer estrutura organizacional, padronização de procedimentos, rastreabilidade das informações, controle sistemático das atividades e mecanismos permanentes de monitoramento e aperfeiçoamento dos processos.

As evidências levantadas ao longo do estudo indicam que tais abordagens não se contrapõem, mas se complementam de forma consistente e sinérgica. Enquanto o Sistema de Gestão da Qualidade estabelece bases sólidas de padronização, repetibilidade, conformidade técnica e estabilidade gerencial através de mensurações e indicadores, o Lean Construction impulsiona a revisão crítica desses processos, promovendo simplificação, fluidez operacional e ganhos contínuos de desempenho. Dessa forma, a qualidade deixa de ser compreendida apenas como verificação posterior ou requisito documental e passa a integrar o processo produtivo e gerencial de uma obra desde o planejamento inicial até a entrega final do empreendimento. A máxima performance operacional, portanto, tende a ser alcançada não pela adoção isolada de cada modelo, mas por sua aplicação conjunta, sistêmica e orientada por resultados.

A análise qualitativa das entrevistas realizadas com profissionais atuantes em diferentes níveis hierárquicos corroborou essa compreensão ao evidenciar forte convergência entre teoria e prática. Observou-se consenso quanto ao potencial da integração entre Lean Construction e SGQ para reduzir retrabalhos, elevar a produtividade das equipes, melhorar a terminalidade dos serviços, ampliar a confiabilidade de prazos e custos, fortalecer a tomada de decisão baseada em dados e aumentar a satisfação do cliente final.

Também se verificou ao longo do estudo que processos mais organizados e previsíveis contribuem para canteiros mais seguros, melhor aproveitamento de materiais e menor geração de resíduos, ampliando os ganhos em sustentabilidade e responsabilidade operacional, tendências essas que representam as necessidades do

mercado da construção civil para o seu futuro, que devem ser cada vez mais incorporadas às práticas do setor e cobradas por toda a cadeia produtiva.

Entretanto, a pesquisa também demonstrou que a efetiva implementação dessa integração depende da superação de obstáculos relevantes no cotidiano das construções. Entre os principais entraves identificados destacam-se a resistência cultural à mudança, a permanência de práticas conservadoras, a baixa maturidade gerencial de parte das organizações, a rotatividade da mão de obra, deficiências de capacitação técnica e a burocratização de procedimentos de controle desconectados da realidade cotidiana das obras. Tais fatores reforçam que os desafios do setor não são apenas técnicos, mas essencialmente humanos, organizacionais e estruturais, exigindo transformação gradual e consistente da cultura empresarial para que o engajamento sobre o tema se torne coletivo.

Nesse sentido, destaca-se que o êxito da integração entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade está diretamente relacionado à atuação efetiva das lideranças e ao investimento contínuo no desenvolvimento das equipes. Engenheiros, coordenadores, mestres de obras, encarregados e gestores assumem papel central ao alinhar planejamento, execução e controle, estimular disciplina operacional, disseminar boas práticas e consolidar uma cultura voltada à melhoria contínua. O apoio e cobrança oriundos diretamente das diretorias técnicas e presidências, através de incentivos aos seus subordinados e investimentos para disseminação cultural dessas práticas, é fundamental para o sucesso e retorno sobre as mesmas. A valorização dos profissionais de produção ao proporcionar um ambiente mais adequado a suas práticas profissionais, associada à capacitação permanente dos mesmos, tende a reduzir a variabilidade dos processos, facilitar a adoção de novos métodos, enfrentar a escassez de profissionais qualificados e ampliar o comprometimento coletivo com os resultados organizacionais.

Adicionalmente, observou-se que o futuro da construção civil estará fortemente vinculado à incorporação de novas tecnologias capazes de potencializar essa integração. Ferramentas como *Building Information Modeling* (BIM), inteligência artificial, Internet das Coisas, *dashboards* gerenciais, automação de processos e soluções industrializadas de construção ampliam a capacidade de planejamento, compatibilização de projetos, monitoramento em tempo real e tomada de decisão orientada por dados. Em um contexto de escassez de mão de obra e necessidade de maior produtividade, tais recursos tendem a assumir papel decisivo para elevar a

competitividade das empresas e reduzir dependência de modelos produtivos intensivos em trabalho manual.

No caso específico das construtoras residenciais do interior paulista, a relevância dessa integração torna-se ainda mais evidente diante do processo de expansão urbana, crescimento de cidades médias, verticalização dos principais polos regionais e fortalecimento do mercado imobiliário local. Relata-se que as construtoras presentes no interior paulista buscam sempre otimizar seus cronogramas mantendo e elevando a exigência em controle gerencial de custo, prazo e qualidade. Dessa forma, as empresas capazes de estruturar processos padronizados, enxutos, aplicáveis no cotidiano das construções, tecnologicamente integrados e orientados à satisfação do cliente tendem a ocupar posição estratégica nesse novo cenário competitivo. Assim, a integração entre Lean Construction e SGQ pode representar importante diferencial para crescimento sustentável, rentabilidade e consolidação institucional.

Conclui-se, portanto, que a sinergia entre Lean Construction e Sistemas de Gestão da Qualidade constitui um caminho sólido, atual e necessário para a modernização da construção civil brasileira. Mais do que uma tendência gerencial, trata-se de uma estratégia estruturante capaz de elevar os níveis de produtividade, qualidade, segurança, sustentabilidade e eficiência operacional do setor. Para as construtoras residenciais do interior do Estado de São Paulo, em especial, essa integração representa oportunidade concreta de transformação organizacional e vantagem competitiva duradoura em um mercado cada vez mais exigente, profissionalizado e orientado por desempenho.

4.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho, todavia, apresenta limitações quanto a natureza qualitativa do estudo, quanto a metodologia proposta e ao recorte regional específico. A natureza qualitativa apresenta sua importância para abrir as discussões e enfatizar que, do ponto de vista comparativo entre ambientes teórico e prático, a integração conceitual do Lean Construction com os Sistemas de Gestão da Qualidade são sinérgicas e apresentam benefícios para o futuro da construção civil. Entretanto, uma análise quantitativa, coletando dados, propondo indicadores e formas avaliativas dessa aplicação podem nortear as práticas adequadas ao quantificar resultados, atualizar as diretrizes propostas e direcionar a metodologia sob preceito da melhoria contínua dos

processos. Tal prática acaba por se tornar, inclusive, uma sugestão de trabalho futuro onde se avalie a aplicação prática das diretrizes do presente trabalho em diferentes empresas e diferentes regiões do país de forma a entender os pontos positivos e negativos dessa prática em diferentes contextos da construção civil nacional.

Outra limitação, portanto, se dá quanto a metodologia de entrevistas adotadas. Os profissionais escolhidos apresentam diferentes hierarquias e formações no intuito de apresentar visões das distintas áreas de uma mesma construtora, entretanto, por se tratar de uma mesma organização as opiniões podem acabar sendo nichadas e voltadas aos mesmos problemas que todos enfrentam. A sugestão desse autor passa por entender o mercado de forma a coletar informações de diferentes fontes institucionais para ampliação dessas entrevistas e aplicação do tema de forma prática em outras construtoras de relevância nacional.

Dessa forma, a sugestão deste autor para futuros trabalhos complementares passa por desenvolver indicadores da aplicação prática e acompanhar, em diferentes empresas e com diferentes profissionais de mercado, sem restrição geográfica, os resultados da integração do Lean Construction com os Sistemas de Gestão da Qualidade, podendo inclusive gerar pontos comparativos dessa coleta avaliando, diferentes pontos de sinergias e divergências provenientes da aplicação dos conceitos integrados até mesmo nas diferentes tipologias de obra presentes no país.

Por fim, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas complementares que possam integrar as novas tecnologias como IA, BIM, IoT e novas técnicas relacionadas a industrialização aos benefícios identificados na presente pesquisa a partir da integração do Lean Construction com os Sistemas de Gestão da Qualidade. Tal prática poderia enfatizar e consolidar a visão de que essas tecnologias são complementares a integração conceitual sob o potencial de intensificar seus resultados e se tornar a vertente futura da construção nacional.

REFERÊNCIAS

ABRAINC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS. **Dados da pesquisa “Brain Inteligência Estratégica” sobre intenção de compra no interior de São Paulo**. Campinas: ABRAINC, 2025. Disponível em: <https://jornaltudoaqui.com.br/variedades/interesse-por-imoveis-de-alto-padrao-no-interior-de-sp-dispara-e-atinge-56-aponta-pesquisa>. Acesso em: 21 fev. 2026.

ABRAINC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS. **Inc Interior Paulista 2025: evento e perspectivas do setor imobiliário no interior paulista**. Campinas: ABRAINC, 2025. Disponível em: <https://abrainc.org.br/abrainc-news/2025/04/04/inc-interior-paulista-recebe-prefeito-de-campinas-e-principais-players-do-mercado-imobiliario-na-regiao>. Acesso em: 21 fev. 2026.

ALMEIDA, Eduardo Lavocat Galvão de; PICCHI, Flávio Augusto. **Relação entre construção enxuta e sustentabilidade**. Ambiente construído, v. 18, p. 91-109, 2018. Acesso em 22 de Março de 2025.

ALNAJJAR, Omar; ATENCIO, Edison; TURMO, José. **A systematic review of lean construction, BIM and emerging technologies integration: identifying key tools**. *Buildings*, v. 15, n. 16, p. 2884, 2025.

ALTOUNIAN, Cláudio Sarian. **Obras Públicas: Licitação, Contratação, Fiscalização e Utilização**. 5. ed. Belo Horizonte: Editora Forum, 2015.

ALVES, Josivan Leite; PALHA, Rachel Perez; DE ALMEIDA FILHO, Adiel Teixeira. **Investigação das aplicações integradas de inteligência artificial e BIM na indústria da construção civil**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, v. 4, p. 1-12, 2023.

ANDRADE, Gustavo Palma de. **Verticalização no município de São José dos Campos (SP): o caso do Jardim Aquarius**. Boletim Campineiro de Geografia, Campinas, v. 10, n. 2, p. 461–478, 2020.

ANTONY, J. **Six Sigma for service processes**. Business Process Management Journal, Bradford, v. 12, n. 2, p. 234–248, 2006.

ANTONY, J.; BANUELAS, R. **Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program**. *Measuring Business Excellence*, Bradford, v. 6, n. 4, p. 20–27, 2002.

ASCHAUER, David A. **Is public expenditure productive?** *Journal of Monetary Economics*, v. 23, n. 2, p. 177–200, 1989

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Pesquisa Tendências Habitação 2024**. São Paulo: ABCP, 2024. Acesso em: 16 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9000:2015 – Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade — Requisitos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674: Manutenção de edificações - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-2:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 2: Sistemas estruturais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-3:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 3: Sistemas de pisos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-5:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Sistemas de coberturas.** Rio de Janeiro. ABNT, 2013e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-6:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 6: Sistemas hidrossanitários.** Rio de Janeiro. ABNT, 2013f.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS – SECOVI-SP. **Anuário do Mercado Imobiliário 2024.** São Paulo: Secovi-SP, 2025. Disponível em: <https://secovi.com.br/wp-content/uploads/2025/03/anuario-secovisp-2024.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2026.

AZIZ, R.F., & HAFEZ, S.M. (2013). **Applying lean thinking in construction and performance improvement.** Alexandria Engineering Journal, 52(4): 679-695. Acesso em: 27 de Março de 2025

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Materiais e Distribuição Física.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.h

BALLARD, G; HOWELL, G. **What kind of production is construction?** Annual Conference Of The International Group for Lean Construction, 6., 1998, Guarujá, Brazil. Proceedings... Brazil, 1998.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Lean project management.** Building Research & Information, Londres, v. 31, n. 2, p. 119–133, 2003.

BALLARD, Herman Glenn. **The last planner system of production control.** 2000. Tese de Doutorado. University of Birmingham.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Comitê de Política Monetária (COPOM): Ata da reunião 269 do COPOM**. Brasília, DF: Bacen, 18/19 de Março 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/atascopom> .Acesso em: 27 de Março de 2025

BARBOZA, Tereza Nazaré Ulloa; DE AGUIAR, Cristiane Pereira. **Inteligência Artificial na construção civil: benefícios, desafios e a importância do profissional na tomada de decisão**. Caderno Pedagógico, v. 22, n. 6, 2025.

BAUERMAN, Bruno Girardi. **Estudo de viabilidade econômica na construção civil: análise de risco utilizando o método de Monte Carlo**. 2014.

BENTO, A.; NEVES, D.; PIRES, J.; OLIVEIRA, M.; SILVA, D. **A influência da NBR 15575 (2013) na durabilidade e vida útil das edificações residenciais**. Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural, 1, 2016, Recife, PE. Anais... Recife, PE: 2016

BLAYSE, A. M.; MANLEY, K. **Key influences on construction innovation**. Construction Innovation, v. 4, n. 3, p. 143–154, 2004.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H**. Brasília: Ministério das Cidades, 1998.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Regimento Geral do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H**. Brasília: MDR, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling (BIM)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 ago. 2019.

BUENO, Fernando Leite. **Lean Construction: Uma revisão da literatura**. Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP. Campinas/SP, 2021. Acesso em: 12 de Abril de 2025

CALDERÓN, César; SERVÉN, Luis. **Infrastructure and economic development in Sub-Saharan Africa**. Journal of African Economies, v. 19, supl. 1, p. i13–i87, 2010.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **CBIC projeta crescimento de 4,1% para a construção civil em 2024, mas desafios persistem para 2025**. Brasília, 2024. Disponível em: < <https://cbic.org.br/cbic-projeta-crescimento-de-41-para-a-construcao-civil-em-2024-mas-desafios-persistem-para-2025/> >. Acessado em: 13 de Fevereiro de 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho Econômico da Construção Civil em 2023 e Perspectivas**. Inteligência Econômica – CBIC, dez. 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2023/12/desempenho-economico-cc-dezembro-2023.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho da construção civil em 2024 e perspectivas para 2025**. Brasília, 2024. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2024/12/final-desempenho-economico-cc-dezembro-2024.pdf> >. Acessado em: 13 de Fevereiro de 2025.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Construção Civil cresce 4,3% em 2024 e impulsiona economia nacional**. Agência CBIC, 07 mar. 2025. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-cresce-43-em-2024-e-impulsiona-economia-nacional/>. Acesso em: 16 nov. 2025.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CARDOSO, F. F. **Certificação da qualidade na construção civil: o PBQP-H e seus impactos no setor**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2003.

CARVALHO, Jorge Pessoa de. **A tipologia dos edifícios de apartamentos e sua relação com o espaço urbano**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CASTELO A.M; VIANA I.; SILVA H. C. **Escassez de mão de obra eleva custos na construção civil**. Blog IBRE – Pesquisa “Sondagem da Construção”. Disponível em: < <https://blogdoibre.fgv.br/posts/escassez-de-mao-de-obra-eleva-custos-na-construcao> >. Acesso em: 26 de Fevereiro de 2025.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração da Produção: Uma abordagem introdutória**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

COSTA, Caio Silas da Silva. **A importância do sistema de gestão da qualidade para as construtoras obterem certificações: estudo de caso**. 2025.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. **Norma de desempenho de edificações: modelo de aplicação em construtoras**. Editora Appris, 2025

COUTINHO, Rolzelin Rocco de Sá. **O papel das construtoras e incorporadoras na adoção da tecnologia BIM na indústria da construção no Brasil: um estudo prospectivo**. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CROSBY, Philip B. **Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain**. New York: McGraw-Hill, 1979.

CUNHA, Daruick Fagundes da Silva. **Aplicação da filosofia Lean em construtoras de micro e médio porte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

CUNHA, Pedro Henrique Fernandes Rezende. **Uso da inteligência artificial na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

DA CUNHA, Monalisa Lopes et al. **Implementação do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) em obras da construção civil**. REVISTA DELOS, v. 17, n. 62, p. e3213-e3213, 2024.

DE ARAÚJO COELHO, Ronaldo Sérgio. **Método para estudo da produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria e seu revestimento em ambientes sanitários**. 2003. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Acesso em: 7 de Março de 2025

DEMING, W. Edwards. **Out of the Crisis**. Cambridge: MIT Press, 1986

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: Uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

DINO. **Industrialização da construção civil ganha força no Brasil**. Jornal Estado de Minas, Belo Horizonte, 06 nov. 2024. Disponível em: < <https://www.em.com.br/mundo-corporativo/2024/11/6982153-industrializacao-da-construcao-civil-ganha-forca-no-brasil.html>>. Acesso em: 02 janeiro. 2026.

DINO. **Órgãos projetam crescimento de 3,0% no PIB da construção civil**. São Paulo, 10 jan 2025. Disponível em: < <https://valor.globo.com/patrocinado/dino/noticia/2025/01/10/orgaos-projetam-crescimento-de-3-no-pib-da-construcao-civil.ghtml> > Acesso em: 03 janeiro 2026

DEPEXE, Marcelo D.; PALADINI, Edson P. **Dificuldades relacionadas à implantação e certificação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras**. Revista Gestão Industrial, v. 3, n. 1, 2007. Acesso em: 12 de Março de 2025.

DEPEXE, Marcelo D.; PALADINI, Edson P. **Benefícios da implantação e certificação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras**. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, 2008.

DUARTE, Paula Beatriz Mendes et al. **Gestão da qualidade na construção civil: uma análise do programa Brasileiro de qualidade e produtividade no habitat (PBQP-H) E DA ISO 9001**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 3, p. 14817-14827, 2020.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.

EL AGUILAR ZAVALA, Jorge Pablo. **BIM management using Lean Construction concepts as a basis**. Preprint, 2025.

EROL, H.; DIKMEN, I.; BIRGONUL, T. **Measuring the impact of lean construction practices on project duration and variability: A simulation-based study on residential buildings**. Journal of Civil Engineering and Management, v. 23, n. 2, p. 241-251, 6 Feb. 2017. Disponível em: <https://journals.vgtu.lt/index.php/JCEM/article/view/963>. Acesso em: 02 de Março de 2025.

FALCONI Consultoria e Tecnologia de Gestão Empresarial. 2023. **Ebook: Lean Construction para resultados e redução de desperdícios**. Disponível em: <https://falconi.com/insights/ebook-lean-construction-para-resultados-e-reducao-de-desperdicios-em-obras/>. Acesso em: 24 de Março de 2025.

FERREIRA, G. G. de S.; OLIVEIRA, M. D. S. de; UMINISKI FILHO, C.; MIRANDA, R. O.; TAKARA, E.; SILVA, A. F. da; et al. **Gestão da qualidade contínua: aplicabilidade do método 5S para a otimização dos serviços na construção civil**. Revista DCS, v. 22, n. 81, 2025.

FGV IBRE. **Índice nacional de custo da construção (INCC)**. Disponível em: <https://portalibre.fgv.br/incc>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2025. 2022.

FILHO, Flávio Chaves. **Avaliação do Custo de uma Obra devido a Falta de Planejamento Adequado**, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6412>>. Acesso em: 06 de Junho de 2021 às 14:14.

FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. **Takt Time Planning and Production System Design**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 21., 2013, Fortaleza. Proceedings [...]. Fortaleza: IGLC, 2013. p. 527–536.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA (FGV IBRE). **Construção: escassez de mão de obra eleva custos do setor, diz FGV**. UOL, 03 abr. 2025. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2025/04/03/construcao-escassez-de-mao-de-obra-eleva-custos-do-setor-diz-fgv.htm>. Acesso em: 16 nov. 2025.

FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; HIROTA, E. H. **Método Lean Construction: princípios e práticas**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luís; HIROTA, Ercília Hitomi. **Gerenciamento na construção civil: princípios e práticas**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P. **Strategies for Waste Reduction and Continuous Improvement in Construction**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE

INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 6., 1998, Guarujá. Proceedings [...]. Guarujá: IGLC, 1998.

FILHA, Dulce Corrêa Monteiro; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022.

FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, R. **Análise dos fluxos de produção na construção civil: aplicação do mapeamento do fluxo de valor**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 138, n. 2, p. 248–258, 2012. FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; HIROTA, E. H.; SANTOS, A. L. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

FRAGA, Samira Vitalino. **A qualidade na construção civil: uma breve revisão bibliográfica do tema e a implementação da ISO 9001 em construtoras de Belo Horizonte**. 2011.

FREITAS, Ernani Cesar de; PRONADOV, Cleber Cristiano. **Metodologia de Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

GALESNE, A; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R.; **Decisões de Investimentos da empresa**. 1. Ed (2 tir). São Paulo: Atlas, 1999.

GARVIN, David A. **What Does “Product Quality” Really Mean?** Sloan Management Review, v. 26, n. 1, p. 25–43, 1984.

GENESTRETTI, Bruno. **Lean Construction em Estaleiros**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico do Porto, 2018.

GHINATO, Paulo. **Jidoka: mais do que pilar da Qualidade**. Lean Way Consulting, 2006.

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil Brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. Cambridge: MIT Press, 2016.

GOUVEIA, Isabela Gomes et al. **Gerenciamento de ativos: dificuldade para gestão de manutenção dos edifícios públicos**. 2025.

HENDRICKSON, Chris; AU, T. **Fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders**. Project Management for Construction, v. 2, n. 2, 2008.

IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy**. New York: McGraw-Hill, 1997.

INTERNATIONAL SOCIETY OF PARAMETRIC ANALYSTS. **Parametric Estimating Handbook**. 4 ed. Guia publicado sob direito ilimitado do Governo dos Estados Unidos da América, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9000: Quality management systems — Fundamentals and vocabulary**. Geneva, 2015.

JARKAS, Abdulaziz M.; BITAR, C. G. **Factors affecting construction labor productivity in Kuwait**. Journal of construction engineering and management, v. 138, n. 7, p. 811-820, 2012.

JESUS, D. M. **Gestão da Qualidade na Construção Civil**. 2011. 65 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011. Acesso em: 07 de Abril de 2025.

JORNAL NACIONAL, G1 - GLOBO. **Número de trabalhadores com ensino superior completo chega ao maior nível já registrado pelo IBGE**. Dezembro de 2024. Disponível em: < <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/12/02/numero-de-trabalhadores-com-ensino-superior-completo-chega-ao-maior-nivel-ja-registrado-pelo-ibge.ghtml> > Acesso em: 22 de Janeiro de 2025.

JUNGLES, A.E.; ÁVILA, A.V. **Gerenciamento na construção civil**. ARGOS – FUNDESTE, Ed. 1, volume único, 2006, 270 p.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran's Quality Handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999

KAPP, Susane. **Uma tipologia de espaços cotidianos**. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

KEMMER, et al. **The Use of Andon in High-Rise Building**. In: Proceedings IGLC-14, Santiago, Chile, 2006.

KERN, Andrea Parisi. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimento de construção**. 2005. 234p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KIM, Yong-Woo; BALLARD, Glenn. **Management thinking in the earned value method system and the last planner system**. Journal of management in engineering, v. 26, n. 4, p. 223-228, 2010.

KNIGHT, Carly et al. **COVID-19 and the future of work: implications for remote work and employee well-being**. Applied Psychology, v. 70, n. 1, p. 63–90, 2021.

KPI FIRE. **Jidoka in Lean Manufacturing: Meaning, Principles, and Benefits**. KPI Fire, 2025. Disponível em: <https://www.kpifire.com/blog/jidoka/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**, Technical report No. 72, CIFE, Stanford University, Stanford, California, 1992. Disponível em: <https://www.leanconstruction.org/media/docs/Koskela-TR72.pdf>. Acesso em 10 de Março de 2025.

KOSKELA, L. **Lean production in construction**. Alarcon L. Editora Rotterdam: A.A. Balkema.1993.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

KUKLARE, Prashant S.; HEDAOO, M. N. **Feasibility of Application of 5'S Methodology in Construction Industry**. International Journal of Scientific Research in Science and Technology, v. 3, n. 1, p. 144-147, 2017.

LAHTI, Riitta K.; SHAMS, Razaq. **Quality management paradigms in the 21st century: comparative perspectives and global implications**. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 39, n. 6, p. 1450–1471, 2022.

LAMAS, José Manuel Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2011.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **5 Whys – What is it?** Disponível em: <https://www.lean.org/lexicon-terms/5-whys/> Acesso em: 29 nov. 2025.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **The Five Whys.** Michael Ballé .2012. Disponível em: <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/five-whys/> Acesso em: 29 nov. 2025.

LIMMER, C.. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras.** Rio De Janeiro: Livros Tecnicos E Cientificos, 1997.

LIMMER, Clayton C. **Planejamento e Controle de Materiais na Construção Civil.** Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MAO, Xiaoming; ZHANG, Xueqing. **Construction process reengineering by integrating lean principles and computer simulation techniques.** Journal of construction Engineering and Management, v. 134, n. 5, p. 371-381, 2008. Acesso em: 10 de Março de 2025

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** São Paulo, v. 371, 2013.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um Método para Elaboração de Redes de Composições de Custo para Orçamentação de Obras de Edificações.** 237 f. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARTINS, Marllon C. J.; SILVA, Natalia A. B.; TEIXEIRA, Emmanuel K. da C. **Challenges of BIM implementation in micro-sized firms from AEC.** Research, Society and Development, v. 11, n. 2, 2020.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** São Paulo: Editora Pini, 2006

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras.** Oficina de Textos, 2019.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** Oficina de Textos, 2019.

MELHADO, Sílvio Burrattino. **A qualidade na construção de edifícios e o tratamento das interfaces entre os sistemas de gestão dos diversos agentes**. ENTAC, 8º, Salvador, p. 333-340, 2000

MIRANDA, L.; MOTA, B. **Lean Construction e Gestão da Produção: aplicações e desafios**. São Paulo: PINI, 2017.

MOREIRA, Carlos Alexandre. **Lean Safety – implementação de ferramentas Lean na gestão de obras e análise dos impactos na segurança dos trabalhadores**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Politécnico do Porto, 2022.

MOURA, Rômulo Brito; CARVALHO, Rodrigo Ferreira de. **Classificação de edificações no processo de projeto arquitetônico**: proposta conceitual para definição tipológica. Revista de Arquitetura e Urbanismo, v. 16, n. 2, p. 45–62, 2019.

MOREIRA, Lorena; MOTA, Paula; MACHADO, Fernanda. BIM e Inteligência Artificial: Uma análise bibliométrica na indústria da construção. In: **5º Congresso Português de Building Information Modelling Volume 1: ptBIM**. UMinho Editora, 2024. p. 199-212.

MYDIN, M. A. O. **Significance of Building Maintenance Management on Life-Span of Buildings**. Robotica & Management, v. 22, p. 40 44, 2017.

MYSZEWSKI, Jan M. **On improvement story by 5 whys**. The TQM journal, v. 25, n. 4, p. 371-383, 2013

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. **National BIM Standard – United States Version 3**. Washington, DC, 2015.

NOCERA, ROSALDO DE JESUS. **Planejamento e Controle de Obras com o Ms-Project 2013 (Fundamental)**. RJN BOOKS, 2013.

NOCERA, Rosaldo de Jesus. **Planejamento e controle de obras com o Microsoft-Project 2013**. 2015.

NUNES, Vitor Dias Lopes et al. **A implantação da norma NBR 15575 e seu impacto no setor de construção civil**. PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 12, p. e021010-e021010, 2021.

NUNES, Jéssica Martins; LONGO, Orlando Celso; ALCOFORADO, Luciane Ferreira; PINTO, Gustavo Oliveira. **O setor da construção civil no Brasil e a atual crise econômica**. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, 2020.

OAKLAND, John S. **Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases**. 4. ed. London: Routledge, 2014.

OFORI, George; TOOR, Shamas-ur-Rehman. **Leadership and Construction Industry Development in Developing Countries**. Journal of Construction in Developing Countries, v. 17, 2012.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production**. Productivity press, 2019. Acesso em: 19 de Março de 2025

OKAMOTO, Patricia Seiko. **Os impactos da norma brasileira de desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Luciana Alves; BORGES, Carlos Alberto M.; MELHADO, Silvio B. **Sistemas de gestão integrados: análise em uma empresa construtora**. Encontro Nacional do Ambiente Construído-ENTAC, 2006.

OLIVEIRA, Patrick Wallace Breckenfeld Alexandre de. **Elaboração de orçamento de obras na construção civil**. 2017.

OLIVIERI, Hylton; GRANJA, Ariovaldo Denis; PICCHI, Flávio Augusto. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado**. Ambiente Construído, v. 16, p. 265-283, 2016.

ORTEGA, J.; ZANUTTO, E. **Células de Produção na Construção: teoria e prática**. Revista Engenharia e Construção, 2020.

OTERO, J. A. **Uso de Modelos Paramétricos em Estimativas de Custo para Construção de Edifícios**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., Niterói, RJ, 1998. Anais... Niterói, RJ, 1998.

PADOVEZE, Clóvis Luiz. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil**. São Paulo: Atlas, 2004.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance**. New York: McGraw-Hill, 2001.

PATTANAIK, L.N; SHARMA, B.P. **Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 42, n. 7-8 p.772-779, 2009.

PERPLAN. **Mercado imobiliário do interior de SP: crescimento e oportunidades**. Ribeirão Preto: Perplan, 2020. Disponível em: <https://www.perplan.com.br/blog/mercado-imobiliario-do-interior-sp/>. Acesso em: 21 fev. 2026.

PHENG, L. S.; HUI, M. S. **Implementing and applying Six Sigma in construction**. Journal of Construction Engineering and Management, Reston, v. 130, n. 4, p. 482–489, 2004.

PHENG, L. S.; SHUI, S. H. **The application of statistical process control in construction**. Quality Engineering, Londres, v. 14, n. 2, p. 327–341, 2001.

PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-21022025-141005/pt-br.php>. Acesso em: 10 de abril de 2025.

PMI – PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.

QUINTAS, Maria Carolina da Silva. **Metodologia BIM para controle de obras públicas**. Boletim do Gerenciamento, n. 15, 2020.

RAMOS, Renan de Oliveira et al. **Aplicação do método Seis Sigma como indicativo da qualidade de obras de construção civil**. 2018.

RIBEIRO, André Alves et al. **Lean construction na indústria da construção civil brasileira: uma revisão sistemática da literatura**. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), v. 6, n. 2, 2021. Acesso em: 01 de Março de 2025

RIBEIRO, V. B.; FERREIRA, J. B.; FONTES, E. F.; BOCCIA, G. R.; SOUZA, R. F.; MASCOLI, M. E. S.; SILVA, E. T. R. da. **Estudo de soluções para mitigar a escassez da mão de obra operacional na indústria da construção civil brasileira**. REVISTA DELOS, v. 18, n. 74, p. e7611, 2025. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/7611>. Acesso em: 4 abr. 2026.

ROCHA DE MATOS, Cleiton; MIRANDA, Antonio Carlos de Oliveira. **The Use of BIM in Public Construction Supervision in Brazil**. Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal, v. 10, n. 1, p. 1761–1769, 2018.c

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdícios**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 2002. 103 p.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

SACKS, Rafael; KOSKELA, Lauri; BHARGAV, Dave; OWEN, Robert. **Interaction of lean and building information modeling in construction.** *Journal of construction engineering and management*, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SACKS, R.; EASTMAN, C. M.; ZEID, A.; HOWARD, W. **The Rosewood experiment — building information modeling and interoperability.** *Automation in Construction*, v. 19, p. 419-432, 2010.

SACKS, Rafael; EASTMAN, Charles; LEE, George; TEICHOLZ, Paul. **Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; MINKARAH, I. **Lean construction: From theory to implementation.** *Journal of Management in Engineering*, v. 22, n. 4, p. 168–175, 2006.

SANDHOLM, Lennart; SVENSSON, Carl. **Lean Quality Management: Integrating Lean and Quality Systems for Operational Excellence.** New York: Productivity Press, 2021.

SANTOS, A.; AMORIM, S. **Sistemas Lean e desempenho operacional na construção.** *Revista Ambiente Construído*, 2019.

SANTOS, P. R. R.; SANTOS, D. G. **Investigação de perdas devido ao trabalho inacabado e o seu impacto no tempo de ciclo dos processos construtivos.** *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v. 17, n. 2, p. 39 - 52. Jun. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200145>. Acesso em: 1 de Abril de 2025.

SILVA, I. M. da. **Sistema 5S e sustentabilidade: análise sobre práticas de melhoria contínua na Viana e Moura Construções.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração) — Universidade Federal de Pernambuco.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Manual. CUSTO UNITÁRIO BÁSICO (CUB/m²): Principais Aspectos.** Minas Gerais: SINDUSCON-Mg, 2007.

SINDUSCON-SP. **Construção civil gerou 24 mil empregos no Estado de São Paulo em 2025.** São Paulo: Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de

São Paulo, 2025. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/construcao-civil-gerou-24-mil-empregos-no-estado-de-sao-paulo-em-2025/>. Acesso em: 21 fev. 2026.

SIQUEIRA, R. R.; MELO, I. A. de A.; KATO, R. B. **Aplicação da Curva ABC no Gerenciamento de Estoque em uma Empresa da Construção Civil**. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 7, n. 5, p. 145-155, 2021. DOI: 10.47456/bjpe.v7i5.36678.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

SOBREIRA, Claudia; LEAL, Cristiane. **Uma análise tipológica dos edifícios de uso misto na cidade de São Paulo**. Docomomo Brasil, 2020.

SOUZA, Roberto L.; MELO, Fábio R. **Gestão de Custos na Construção Civil**. São Paulo: PINI, 2018.

SOUZA, Pedro Henrique Rodrigues de, MARQUES, Malana Sarah Pereira, SANTOS, Joyce Cristina da Mota. **Concepção da filosofia lean thinking construction para aperfeiçoar a produção em obras**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 03, Vol. 07, pp. 05-12. Março de 2019. ISSN: 2448-0959.

SOUSA, Matheus Gomes Soares de; CAMPOS, Vanessa Ribeiro; MACIEL, Francisco Wandisley Freitas. **Análise da influência dos princípios Lean na produtividade da mão-de-obra da construção civil: uma revisão da literatura**. 2020.

SUTHERLAND, Jeff. **Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo**. Leya, 2016.

TEIXEIRA, Luciene Pires; DE CARVALHO, Fátima Marília Andrade. **A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira**. Revista Paranaense de Desenvolvimento, n. 109, p. 9-26, 2005. TEZEL, Algan; KOSKELA, Lauri; AZIZ, Zeeshan. **Lean thinking in the highways construction sector: motivation, implementation and barriers**. Production Planning & Control, v. 29, n. 3, p. 247–269, 2018.

TRIANA, M. A. **Characterisation of representative building typologies for social housing in Brazil**. Brasília: Governo Federal, 2010.

TOFFANI, Victor Jose. **Gerenciamento na construção civil-planejamento e controle: estudo de caso no planejamento físico de um empreendimento imobiliário.** 2015. Disponível em: <
<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124277>>. Acesso em: 05 de Junho de 2021
 às 08:42

VALDEBENITO, Reinaldo; FORCAEL, Eric. **Integrating Artificial Intelligence and BIM in construction: systematic review and quantitative comparative analysis.** *Applied Sciences*, v. 15, n. 23, p. 12470, 2025.

VASCONCELOS, A. P. O. **Manutenção Preventiva em Instalações de Edifícios.** Dissertação (Mestrado em Reabilitação do Patrimônio Edificado) Universidade Do Porto, Porto, 2005.

VELOSO, F.; MATOS, S.; FILHO F. H. B.; PERUCHETTI. P.; **Produtividade do Trabalho no Brasil: uma análise dos resultados setoriais desde 1995.** Boletim Macro IBRE – Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, v. 143, p.27-33. Maio de 2023. Acesso em: 15 de Janeiro de 2025

VERAS, Rafael Henrique. **A importância da construção civil na economia brasileira.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

VIDOR, G., SAURIN, T. A. (2011). **Conceitos e características de sistemas poka-yokes: uma revisão de literatura.** Revista Produção Online, 11(2), 344–368. Acesso em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v11i2.644>. Maio de 2011.

VIEIRA, Elton Simão; DE OLIVEIRA NETO, João Marcelino. **Qualidade na Construção Civil: PBQP-H-Análise do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat.** ETIS-Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability, v. 1, n. 1, p. 54-64, 2019.

WOMACK, J.; JONES, D. **Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.** New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Gulf Professional Publishing, 2004.

YAMAMOTO, Lucio Schiavon; SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Modelo avaliativo de aplicação do Lean Six Sigma em empresas construtoras**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 28138-28149, 2021.

ZANOBIA, Luana. **Minha Casa, Minha Vida já responde por metade dos lançamentos e vendas do mercado imobiliário**. Veja, 2026. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/minha-casa-minha-vida-ja-responde-por-metade-dos-lancamentos-e-vendas-do-mercado-imobiliario>. Acesso em: 4 abr. 2026.

ZHANG, J.; MADHAVAN, V.; AL-HUDHAIF, A.; ELIASSIAND, J. **Integrating 4D and BIM for construction planning: the state of the art and challenges**. Journal of Computing in Civil Engineering, v. 32, n. 5, 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ENTREVISTA ESTRUTURADA

Pesquisa acadêmica – Gestão de obras (Lean e Qualidade)

Prezado(a) entrevistado,

Sou aluno do curso de pós-graduação em **Gestão de Projetos na Construção** da **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP)** e estou desenvolvendo uma pesquisa sobre **gestão de obras e gestão de qualidade na construção civil**, com foco nas práticas de planejamento, produtividade e controle de qualidade.

Como parte do trabalho, estou coletando percepções de profissionais atuantes no setor, com o objetivo de compreender como esses temas acontecem na prática do dia a dia das obras.

O questionário a seguir é composto por perguntas simples e objetivas, e as respostas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos, com tratamento confidencial e sem identificação dos participantes.

Desde já, agradeço muito pela sua contribuição.

Atenciosamente,

GUSTAVO FATORETTO RICETO

Pós-graduação em Gestão de Projetos na Construção

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Entrevista Estruturada:

1. Conte brevemente sobre sua trajetória na construção civil até chegar ao cargo que ocupa hoje. Qual sua formação? Quantos anos de atuação no setor?
2. Você conhece o conceito de Lean Construction? E suas ferramentas? Como você enxerga a importância e aplicação do Lean Construction na construção civil?
3. Como você enxerga a maturidade da aplicação do Lean Construction na construtora que trabalha?
4. A empresa possui certificação ISO 9001 ou PBQP-H? Como você entende o papel do Sistema de Gestão da Qualidade para a melhoria dos processos construtivos na construção civil?

5. Como você enxerga a maturidade da aplicação do Sistema de Gestão da Qualidade na construtora que trabalha?
6. Você entende que existe a interligação desses conceitos (Lean x Qualidade)?
7. Quais as principais sinergias e divergências identifica entre eles, em relação aos impactos da padronização de processos no cotidiano das obras?
8. E, quais as principais sinergias e divergências identifica entre eles, em relação a redução de retrabalhos, falta de terminalidade e redução de desperdícios?
9. Entende que a interligação desses sistemas produz um ganho de produtividade dos funcionários? Como isso ocorre?
10. Entende que existam benefícios da aplicação dessa integração para o planejamento de obras e controle de custos e prazos? Caso afirmativo, pode citar alguns?
11. Quais os impactos diretos dessa integração para o produto final e o desempenho das edificações, em atendimento ao esperado pelo cliente?
12. Os Sistemas de Gestão de Qualidade da empresa que trabalha acabam avaliando também a aplicação dos conceitos Lean Construction?
13. Quais mudanças culturais são necessárias para potencializar a aplicação dessa integração?
14. As lideranças de obra entendem estes benefícios? Como acredita ser possível fortalecer o conhecimento das lideranças da obra sobre a importância desse modelo?
15. No setor da construção civil, quais são as principais barreiras e dificuldades que identifica para a aplicação do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade?
16. Que melhorias ou ajustes você sugeriria para tornar essa integração mais eficaz no contexto brasileiro?
17. Como entendem que deve ser o controle cotidiano sobre a aplicação desses sistemas? De que forma o controle de qualidade é incorporado ao fluxo produtivo, evitando inspeções tardias?
18. No contexto atual de falta de mão de obra, acredita que a ampla aplicação do Lean Construction e os Sistemas de Gestão da Qualidade de forma integrada pode ser uma solução possível? Porque?

19. A aplicação do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade interfere no relacionamento com os fornecedores? De que modo?

20. No seu entendimento, como as novas tecnologias como IA, BIM e IoT podem ser aplicadas nos canteiros de obra e potencializar a aplicação do Lean Construction e dos Sistemas de Gestão da Qualidade?

DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Durante a elaboração desta monografia, foi utilizada a ferramenta de Inteligência Artificial Generativa ChatGPT (OpenAI) como recurso de apoio à pesquisa e à redação acadêmica. A ferramenta foi empregada para auxiliar na organização de ideias, revisão textual, aprimoramento da clareza e estruturação preliminar dos conteúdos. Todas as informações geradas foram submetidas à análise crítica, validação e revisão pelo autor, que assumiu integral responsabilidade pela seleção, interpretação, precisão e redação final do trabalho. O uso da ferramenta não substituiu a atividade intelectual, a análise científica, a formulação de conclusões nem a autoria do presente estudo, estando em conformidade com os princípios de transparência, integridade científica e responsabilidade previstos na Portaria CNPq nº 2.664, de 6 de março de 2026.