

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção

Rafael Augusto Rodrigues Aleixo

**EFEITOS DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION E DO PLANEJAMENTO NA  
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Belo Horizonte  
2023

Rafael Augusto Rodrigues Aleixo

**EFEITOS DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION E DO PLANEJAMENTO NA  
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Versão Final**

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Área: Gestão e Tecnologia na construção civil.

Orientador(a): Patrícia Elizabeth Ferreira Gomes Barbosa.

Belo Horizonte  
2023

A336e

Aleixo, Rafael Augusto Rodrigues.

Efeitos da filosofia Lean Construction e do planejamento na indústria da construção civil [recurso eletrônico] / Rafael Augusto Rodrigues Aleixo. – 2023.

1 recurso online (47 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Patrícia Elizabeth Ferreira Gomes Barbosa.

"Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais"

Bibliografia: f. 43-47.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Produtividade. 3. Gerenciamento. 4. Eficiência industrial. 5. Gestão de processos. 5. Indústria de construção civil. 6. Empreendedorismo. I. Barbosa, Patrícia Elizabeth Ferreira Gomes. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: RAFAEL AUGUSTO RODRIGUES ALEIXO

MATRÍCULA: 2022667055

### RESULTADO

Aos 25 dias do mês de abril de 2023 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:  
"EFEITOS DA FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION E DO PLANEJAMENTO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 90

CONCEITO: A

### BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. M.Sc. Patricia Elizabeth Ferreira Gomes Barbosa

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 25 de abril de 2023

Coordenador do Curso

Prof. Antonio Neves  
de Carvalho Júnior  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me concedido a graça de estar fechando mais um ciclo, por me auxiliar e me dar forças, saúde, sabedoria, humildade, coragem e esperança todos os dias da minha vida, para que eu possa me tornar capaz de grandes realizações.

Agradeço aos meus pais, Solange e Marcelo, ao meu avô José Francisco, sempre vivo em memória, que sempre me apoiaram em todos os meus passos e empreendimentos, me ensinaram o valor e o poder do conhecimento e que abdicaram de sonhos pessoais para que eu pudesse realizar os meus. São eles, merecedores de todos os aplausos do mundo. Agradeço também ao meu irmão, que também sempre esteve ao meu lado.

Não poderia deixar de agradecer também, todos os professores que passaram em minha trajetória acadêmica, em especial nesse ciclo os docentes do departamento de engenharia e materiais de construção da escola de engenharia da UFMG e principalmente minha orientadora, Patricia Elizabeth Ferreira Gomes Barbosa, pela paciência, dedicação e por me inspirar tanto academicamente como profissionalmente.

## RESUMO

*Historicamente a construção civil tem sido associada a baixos níveis de produtividade e por possuir deficiências no campo da gestão, culminando em onerosidade e ineficiência. Contudo, o mercado vem se alinhando em um cenário extremamente competitivo e exigente, onde qualidade e custos precisam ser trabalhados de forma congruente e sinérgica, o que impõe sérios desafios aos atuais modelos de produção e metodologias construtivas. Tratando da problemática descrita, este estudo tem como objetivo realizar a exposição de conceitos atrelados a filosofia Lean Construction, reiterando a relevância de sistemas de gerenciamento efetivos e os efeitos que eles geram no desenvolvimento de uma indústria mais profissional, saudável e otimizada. O trabalho se justifica e mostra sua relevância pelo fato de ser uma pesquisa voltada para uma das maiores problemáticas observadas na indústria da construção civil, sobretudo em empresas de pequeno e médio porte, isto é, a baixa produtividade, a negligência e a dificuldade de implementação de programas de planejamento, industrialização de processos, controle e gestão efetiva como um todo. Desse modo, recorreu-se a uma pesquisa predominantemente composta por revisões bibliográficas de caráter exploratório para sumarizar a base teórica que vem sendo desenvolvida ao longo dos anos. Constatou-se assim, que seguindo o exemplo de outras indústrias, a construção civil ainda tem muito a evoluir, entretanto, vislumbra-se com a implementação dos conceitos Lean e a busca pela excelência e a melhoria contínua uma tendência de aprimoramento nas técnicas produtivas e na racionalização do emprego de insumos, o que tende a propiciar inúmeros resultados positivos para o setor, em suma, o que se traduz em uma maior satisfação de todos os envolvidos, contentamento para os clientes e a maximização dos resultados para os empreendedores.*

**Palavras-chave:** *Lean Construction*. Produtividade. Construção Civil. Gerenciamento.

## ABSTRACT

*Historically, the civil construction has been associated with low levels of productivity and with deficiencies in the field of management, culminating in costliness and inefficiency. However, the market has been aligning itself in a context extremely competitive and demanding, where quality and costs need to be worked on in a congruent and synergistic way, which demanded serious challenges to the current production models and construction methodologies. Treating about this, the study aims to expose concepts linked to the Lean Construction philosophy, reiterating the importance of effective management systems and the effects they generated in the development of a more professional, healthy and optimized industry. The work is justified and shows its relevance due to the fact that it is a research focused on one of the biggest problems observed in the civil construction industry, especially in small and medium-sized companies, that is, low productivity, negligence and the difficulty of implementation. of planning programs, industrialization of processes, control and effective management. So, a survey predominantly composed of bibliographical reviews of an exploratory nature is used to summarize the theoretical basis that has been developed over the years. It was verified that, following the example of other developed sectors, civil construction still has a lot to evolve, however, with the implementation of Lean concepts and the search for excellence, look for a tendency of improvement in productive techniques, which tends to provide several positive results for the sector, which translates into greater satisfaction for stakeholders, satisfaction for customers and the maximization of results for entrepreneurs.*

**Keywords:** *Lean Construction. Productivity. Construction. Management.*

## LISTAS

### LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Grau de oportunidade de mudança em função do tempo .....	15
Figura 02- Produtividade da mão de obra na construção .....	17
Figura 03- Linha de produção na década de 30.....	19
Figura 04- Linha de produção automatizada nos dias atuais.....	19
Figura 05- Construção do Edifício Martinelli em São Paulo (1924-1934).....	19
Figura 06- Construção nos dias atuais.....	19
Figura 07- Linha de produção Ford.....	23
Figura 08- Modelo do Sistema Toyota de produção.....	25
Figura 09- Comparativo A Planta da General Motors em Framingham versus a Planta da Toyota em Takaoka .....	26
Figura 10- Comparativo sistema puxado e sistema empurrado.....	31
Figura 11- Ferramenta Kanban trello para organização de tarefas.....	32
Figura 12- Ciclo PDCA .....	34

### LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Comparativo da indústria de manufatura .....	19
Tabela 02- Comparativo da indústria Construção Civil .....	19
Tabela 03- Quadro resumo de peculiaridades e deficiências historicamente observadas na construção civil.....	21
Tabela 04- Quadro resumo das vantagens proporcionadas pelo <i>Lean Construction</i> e o gerenciamento de projetos.....	38



# SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	09
<b>2. Objetivos</b> .....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
<b>3. Referências Bibliográficas</b> .....	13
3.1 Contextualização histórica da indústria da construção civil.....	13
3.1.1 A relevância do gerenciamento na indústria da construção civil.....	13
3.1.2 Produtividade na indústria da construção civil .....	16
3.1.3 Peculiaridades na indústria da construção civil .....	17
3.2 <i>Lean Construction</i> .....	22
3.2.1 Contextualização histórica acerca dos modelos de produção.....	22
3.2.2 O surgimento da filosofia <i>Lean</i> .....	23
3.2.3 Conceitos do <i>Lean Construction</i> .....	27
3.2.4 Os 11 princípios da filosofia <i>Lean Construction</i> .....	29
3.2.5 As principais ferramentas do <i>Lean Construction</i> .....	31
<b>4. Resultados e discussão</b> .....	35
4.1 Metodologia de obtenção dos dados.....	35
4.2 Análise dos resultados .....	36
<b>5. Conclusão</b> .....	41
<b>6. Novos trabalhos</b> .....	42
<b>Referências bibliográficas</b> .....	43

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil atua em inúmeras categorias extremamente necessárias à vida humana, cabe citar entre outros exemplos os setores de moradia, prédios comerciais e hospitalares, centros logísticos, plantas industriais, geração e transmissão de energia, saneamento básico, infraestrutura rodoviária, aquaviária e ferroviária, sendo que sua participação se dá pela construção, recuperação e até mesmo na operação.

Nesse sentido, a Sociedade Americana de Engenheiros Civis (ASCE, 2011) reitera que a construção civil trás vastas contribuições para o cotidiano das pessoas e afirma, “engenheiros civis constroem a infraestrutura do mundo. Fazendo isso, eles moldam a história das nações”.

Conforme Silva e Zafalon (2019, p. 4), a “construção civil é o conjunto de atividades, do ramo da engenharia, que tem como finalidade transformar materiais e espaços de acordo com a necessidade do homem”.

Todavia, o setor enfrenta algumas peculiaridades e um dos grandes dilemas da construção civil, sobretudo no cenário nacional, está atrelado a questões de gerenciamento e ao aumento da produtividade nos canteiros de obras, ou seja, a melhora na produtividade da engenharia civil é um dos grandes desafios enfrentados pelos seus praticantes. (MATTA, 2015).

Nesse sentido, Mattos (2019), reforça que a indústria da construção civil brasileira possui algumas limitações, sendo as mais evidentes as relacionadas com a produtividade, o planejamento e o gerenciamento de projetos.

Acredita-se também que a construção civil acabou se distanciando dos conceitos de gestão e melhoria contínua pelo fato ter “fábricas móveis”, uma disponibilidade de mão de obra com pouca instrução e por atuar com projetos que em sua grande maioria são de curta duração e não seriados. Desse modo subjuga-se que ao longo do tempo formou-se uma indústria artesanal com mentalidade conservadora e com muita inércia a alterações, que possui o seu dia a dia muito apoiado na adaptabilidade, que por vezes afasta-se de conceitos de sustentabilidade e industrialização de processos.

Validando a afirmação acima, Yazigi (2007, p. 61), explica que peculiaridades como o fato de a construção civil lidar com uma indústria nômade, de produção não

seriada, baixa qualificação da mão de obra, a existência de falhas no processo de controle e precisão, além do fato de ser “uma indústria muito conservadora (com preconceitos por parte dos usuários), com grande inércia a alterações”, conferem ao processo de gestão e de qualidade sérios desafios.

Por conseguinte, torna-se relevante o estudo de algumas particularidades da construção civil, que sobretudo no Brasil, possam estar retardando o crescimento do setor, bem como demonstrar metodologias pautadas sob a ótica do planejamento, controle e gerenciamento, que podem potencializar e contribuir positivamente para o crescimento e desenvolvimento da categoria em questão.

Nos últimos anos inúmeros autores como Koskela (1992), Limmer (1997), Womack, Jones e Roos (2004), Arantes (2008), Gonçalves (2009), Valente e Aires (2017), Silva e Zafalon (2019), Mattos (2019), elaboraram trabalhos e vêm alertando e reiterando a importância do planejamento, gestão e controle de obras.

Mattos (2019) explica que o aumento da competitividade, aliado a um maior nível de exigência dos clientes, a globalização, o surgimento de novas tecnologias, margens de lucro menores e a escassez de certos recursos, são alguns dos fatores que estão causando uma mudança cultural na indústria da construção civil, visto que, as organizações perceberam que a metodologia construtiva adequada, um planejamento efetivo e um gerenciamento assertivo podem trazer grandes benefícios para os indicadores de desempenho de uma empresa, sobretudo no tocante a retornos financeiros.

Segundo Valente e Aires (2017), a adoção de boas práticas e métodos estruturados de gestão, tornam os resultados mais claros, sendo uma espécie de receita para o sucesso corporativo e impactando diretamente em custos, prazos e qualidade.

Compilando as problemáticas observadas no ramo da construção civil com as prerrogativas intrínsecas das filosofias de produção e gerenciamento a pesquisa elencou a implementação da filosofia *Lean*, como uma grande linha de estudo, a qual pode funcionar como um indutor para o aumento nos níveis de controle, produtividade e qualidade na construção civil, isto é, contribuir com medidas, princípios e ferramentas supostamente capazes de atuar na resolução das peculiaridades acima mencionadas.

Conforme Gonçalves (2009), a implementação dos conceitos primordiais definidos pela filosofia *Lean* e os sistemas de melhoria contínua propiciam a agregação de valor para os clientes, tornam os projetos mais interessantes e competitivos do ponto de vista mercadológico, o que pode culminar também em uma melhor rentabilidade.

Para Zanotti (2018), a construção civil é conhecida por ser uma das indústrias com os menores índices de produtividade frente a outros ramos industriais, sendo as deficiências dos processos de gestão um dos principais causadores de tal situação e que a alternativa para inverter esse panorama encontra-se na padronização e na melhoria contínua defendida pelos conceitos do *Lean Construction*.

Dessa forma, entende-se que ao moldar e aplicar os conceitos da produção enxuta em sinergia com a realidade observada nos canteiros de obras, *Lean Construction*, pode-se almejar resultados semelhantes aos observados em outros setores da indústria.

Através de uma revisão bibliográfica acerca dos temas correlatos ao *Lean Construction* a pesquisa em questão teve como finalidade e objetivo geral demonstrar a relevância do gerenciamento de projetos e avaliar a praticabilidade da filosofia *Lean* na gestão e operação de empresas e empreendimentos no segmento da construção civil, cujos objetivos específicos ficaram a cargo do estudo dos conceitos de gestão, planejamento e controle da produção, a contextualização histórica que levou ao atual modelo de produção, a caracterização dos princípios e ferramentas atreladas a filosofia *Lean Constuction*, bem como o delineamento de uma ótica de otimização de processos e maximização de resultados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Demonstrar, por referências bibliográficas a relevância do gerenciamento de projetos e avaliar a praticabilidade e os efeitos da filosofia *Lean* na indústria da construção civil.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar uma contextualização histórica acerca dos modelos de produção e gerenciamento, elencando as peculiaridades da indústria da construção civil.
- Estudar conceitos atrelados à filosofia *Lean* aplicados à construção civil – *Lean Construction*.
- Caracterizar princípios e ferramentas atreladas a filosofia *Lean Construction* que podem propiciar melhorias para a construção civil.

### **3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

#### **3.1 Contextualização histórica da indústria da construção civil**

Conforme já supracitado, tamanha é a abrangência e a importância da construção civil que para Arantes (2008), a construção civil está nos mais variados setores da economia e da sociedade, tendo como clientes desde os próprios governos das nações, aos empreiteiros, indústrias, incorporadores e clientes particulares, atuando em obras de menor complexidade e indo aos mais exuberantes sistemas de engenharia, desde o setor habitacional, ao de infraestrutura, transporte e logística, telecomunicações, mineração, etc.

Segundo Teixeira e Carvalho (2005), a construção civil tem boa participação na formação do Produto Interno Bruto (PIB), consequência disso, é a grande influência da engenharia no desempenho da economia de uma nação. A geração de emprego e renda proporcionada pela indústria da construção civil, fomenta o crescimento econômico, auxilia no avanço da qualidade de vida dos cidadãos e viabiliza o progresso.

##### **3.1.1 A relevância do gerenciamento na indústria da construção civil**

Explanada a importância da indústria da construção civil, cabe citar também a explícita presença e relevância dos sistemas de gestão e gerenciamento no desenvolvimento dos mais variados propósitos do ser humano.

Nesse sentido, a definição de gerenciamento de projetos segundo o PMBOK (PMI, 2017, p. 10) é:

Gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos. O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos processos de gerenciamento de projetos identificados para o projeto. O gerenciamento de projetos permite que as organizações executem projetos de forma eficaz e eficiente (PMI, 2017, p. 10).

Em um contexto mundial e multissetorial, estudos apontam que projetos bem-sucedidos possuem algo em comum e tal correspondência está ligada ao planejamento e ao gerenciamento de projetos.

Com essa perspectiva, Valle *et al.* (2010), demonstram que em grandes realizações da humanidade existem indícios de metodologias de planejamento e gerenciamento de projetos, visto que, desde as primeiras civilizações bem sucedidas que habitaram a Terra, inúmeras obras colossais, que envolviam diversas variáveis e que só poderiam ser edificadas mediante uma ordenação de esforços foram construídas, e citam como exemplo, as grandiosas e complexas pirâmides erguidas no Egito, a muralha da China, o Coliseu de Roma e o Parthenon grego.

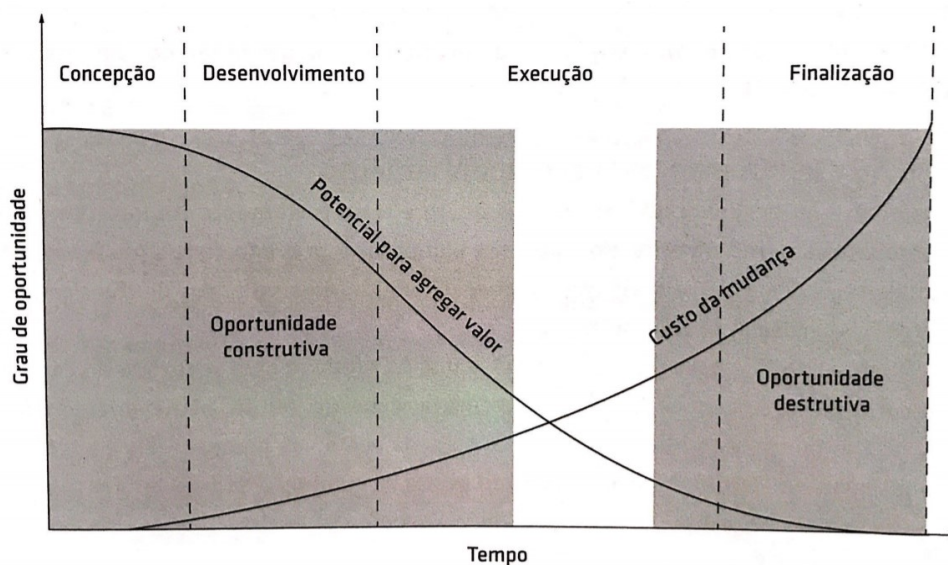
Seguindo essa linha de raciocínio, Valle *et al.* (2010), explicam também o que significa planejar um projeto e os benefícios que estão diretamente atrelados a essa ação:

O planejamento, o monitoramento e o controle são processos interdependentes e essenciais para o sucesso do projeto. Por meio do planejamento, tem-se planos que orientam as ações de gerenciamento e nos dizem em que ponto deveríamos estar, enquanto o monitoramento e o controle nos informam em que ponto de fato estamos, possibilitando a detecção de desvios e a implantação de medidas corretivas. Um planejamento adequado, balizado por um monitoramento e controle eficazes, potencializa o sucesso do projeto ao fornecer melhores estimativas sobre o resultado final desejado e ao minimizar prazos, custos e riscos (VALLE *et al.*, 2010 p. 91).

Com essa lógica, o PMBOK (PMI, 2017), defende que os principais benefícios de se gerenciar um projeto através do monitoramento e controle estão na possibilidade de compreender a situação do projeto de maneira fidedigna, o que possibilita uma projeção mais autêntica com relação ao desempenho do empreendimento, o que por sua vez norteia correções e auxilia na otimização dos resultados.

Para Mattos (2019), ao planejar uma obra em sua concepção, maiores são as possibilidades de agregar valor ao projeto e evitar retrabalhos onerosos em detrimento de desvios e incompatibilidades, sejam elas de projeto, planejamento ou de inexecuibilidade.

Figura 1 - Grau de oportunidade de mudança em função do tempo.



Fonte: MATTOS, 2019.

Conforme Dipenbruck (2017), em um ecossistema extremamente competitivo no qual o mercado encontra-se inserido hoje, as empresas de construção precisam se planejar, incorporar valor para o cliente, olhar atentamente para aprimoramento da produtividade e adotar métodos que auxiliem na redução de custos.

Em suma, o planejamento se assemelha a um roteiro, Silva e Zafalon (2019), são correlatos a isso ao afirmar que o processo de planejamento tem o intuito de clarificar os objetivos do projeto, auxiliar na definição do escopo e assistir o desenvolvimento de um plano de ação para que o projeto alcance as metas estipuladas e resultados esperados.

O cerne da questão, é que mediante a aplicação de sistemas de gestão otimizados e com planejamentos bem elaborados as empresas possam colher frutos como o incremento de qualidade e sobretudo de produtividade, a qual, conforme já citado, vem sendo um grande obstáculo para os canteiros de obras Brasil e mundo afora.



### 3.1.2 Produtividade na indústria da construção civil

O termo produtividade foi empregado pela primeira vez em 1766 e a partir daí diversas interpretações foram produzidas acerca do tema. Sendo em 1950 definida pela Comunidade Econômica Europeia como “o quociente produzido pela divisão do produzido (*output*) por um dos fatores de produção”. (ARANTES, 2008, p.3).

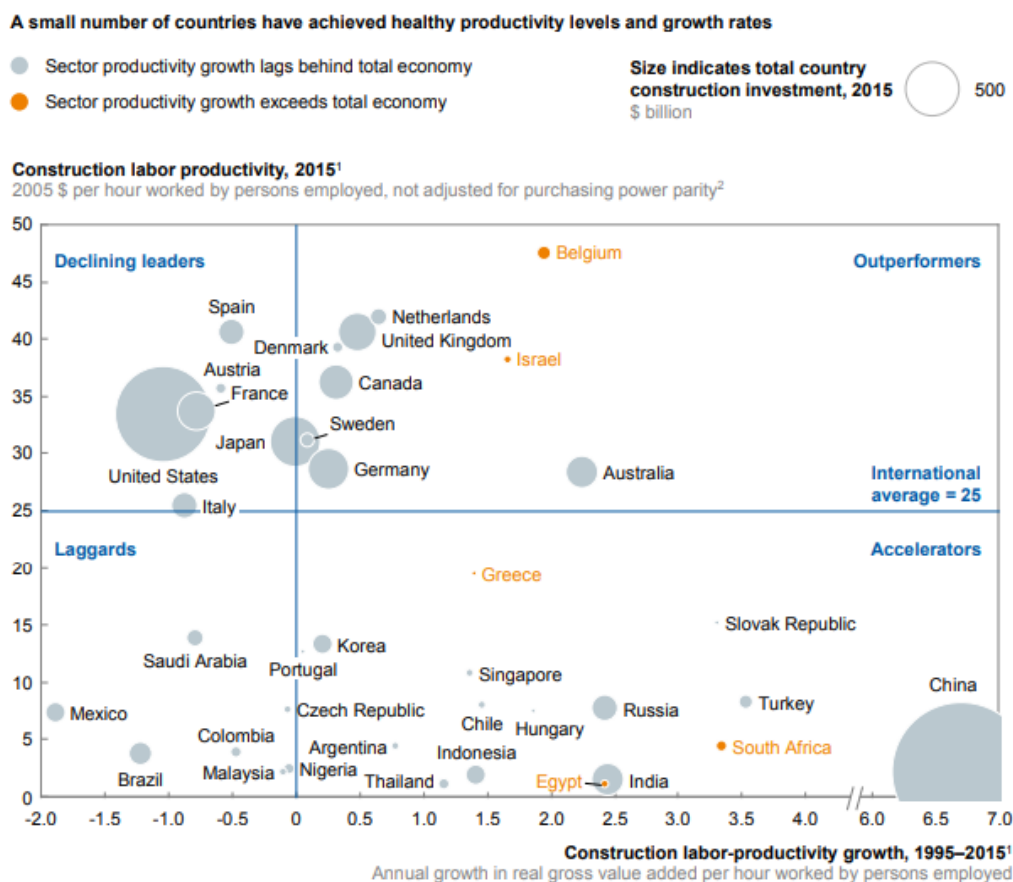
A melhor maneira de se falar sobre produtividade é avaliando a correspondência de uma produção frente um todo, no caso a economia de uma nação. Para Barbosa *et al.* em relatório produzido para McKinsey Global Institute, (2017), a indústria da construção é de suma importância para a economia mundial, empregando 7% da população e movimentando anualmente aproximadamente 10 trilhões de dólares, o que representa cerca de 13% do PIB global, entretanto no aspecto produtividade o setor tem pecado bastante e não se desenvolveu como os demais setores da indústria.

Mattos (2019 p. 19), aponta que diversos estudos nacionais e internacionais indicam que “deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade no setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos produtos”, evidenciando, que hoje impreterivelmente, o planejamento e o controle da produção bem como a implementação de metodologias construtivas mais ágeis e otimizadas não só se fazem necessárias, mas também são um dos segredos que vão proporcionar longevidade a um negócio.

Conforme De Negri e Cavalcante (2015, p.13), “a produtividade no Brasil, além de não ter crescido substantivamente desde o final da década de 1970, é muito inferior à dos países desenvolvidos e à de vários outros países em desenvolvimento”.

O gráfico abaixo demonstra a produtividade da mão de obra na construção. Através dele, é possível constatar a afirmativa de De Negri e Cavalcante (2015), tal como, vislumbrar o panorama mundial, no qual pode-se perceber que muitos países estão sofrendo uma baixa na produtividade, outros como Bélgica e Israel ao aliar tecnologia e gestão têm conseguido superar as barreiras impostas e vêm conseguindo aliar um excelente equilíbrio entre produtividade e crescimento, assumindo assim papéis de protagonistas no cenário internacional, ao ponto que o Brasil conforme já relatado tem ficado no grupo dos retardatários quando o assunto é produtividade.

Figura 2 - Produtividade da mão de obra na construção



Fonte: McKinsey Global Institute, 2017

### 3.1.3 Peculiaridades da construção civil

A grande realidade é que apesar de toda base teórica atestando a viabilidade e a significância relativa aos sistemas de gerenciamento, segundo Koskela (1992), a indústria da construção possui obstáculos bem evidentes, como a baixa produtividade, a deficiência na segurança ocupacional e a qualidade insatisfatória.

Valente e Aires (2017), sustentam o argumento ao reforçar que é possível encontrar empresas e profissionais que atuam sem métodos de gestão e enxergam tais métodos como uma burocratização do trabalho.

Não obstante, é plausível associar tal comportamento a diversas lacunas na indústria da construção civil, Silva e Zafalon (2019) atestam que diversas empresas não fazem uso de processos de planejamento e por não terem parâmetros comparativos, não exercem um acompanhamento adequado das atividades que estão sendo executadas, o que gera atrasos, tende a reduzir a margem de lucro e fatalmente compromete a qualidade final do produto.

Consoante a esse panorama, Mattos (2019) diz ainda que essa situação remete ao excesso de informalidade e empirismo dentro de um canteiro de obras. Isso induz ao quadro de profissionais tocadores de obra. O que segundo o autor diz respeito a um profissional que é capaz de levar a obra adiante a qualquer custo e muitas das vezes de maneira desordenada, entretanto, em organizações que prezam pela qualidade, economia e segurança, essa figura já não é mais bem vinda, pois atualmente as boas práticas prezam que uma obra não deve ser tocada, uma obra deve ser estudada, organizada e gerenciada.

Tendo em vista todas essas singularidades inseridas no contexto da construção civil, mudanças e atualizações se fazem indispensáveis.

Nesse sentido, Womack, Jones e Roos (2004), afirmam que alterações nos processos produtivos na indústria automobilística, como saída de uma indústria artesanal, para a produção em massa e posteriormente a transformação da produção em massa em uma linha de produção com princípios *Lean*, ocorreram justamente para atender as condições mercadológicas que se impunham, isto é, os anseios da população, os recursos disponíveis na época e a necessidade de crescimento, assim como os termômetros da indústria da construção civil indicam atualmente.

A esse respeito, é possível afirmar que:

Em algumas indústrias os conceitos de “mais rápido, melhor qualidade e mais barato” conseguem hoje se relacionar de forma mais apaziguada, enquanto que na indústria da construção parece continuar a ser necessário um bom investimento para obter um produto de qualidade e com brevidade. (ARANTES, 2008, p.5).

As imagens abaixo ilustram com clareza a citação de Womack, Jones e Roos (2004) e Arantes (2008), onde é possível fazer comparativos e constatar que entre outros exemplos diversas indústrias como a automobilística, alimentícia e de bens de consumo saíram de um cenário manufatureiro manual para uma verdadeira indústria, contando hoje em seu cotidiano com tecnologia embarcada e automação, ao passo que ao comparar imagens de construções da década de 30 com imagens atuais, percebe-se na maioria das situações, uma grande similaridade nos processos construtivos, a ausência de tecnologia e automação, além da necessidade do emprego de uma grande massa operária e os desperdícios inerentes aos processos adotados.

Tabela 1 - Comparativo da indústria de manufatura

Figura 3 - Linha de produção na década de 30. Trecho do filme Tempos Modernos.



Fonte: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cintedi/2014/Modalidade\\_1dat\\_ahora\\_10\\_11\\_2014\\_16\\_36\\_33\\_idinscrito\\_644\\_83159a45d914d309275b01dd03633367.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/cintedi/2014/Modalidade_1dat_ahora_10_11_2014_16_36_33_idinscrito_644_83159a45d914d309275b01dd03633367.pdf).

Acesso em: 10 fev. 2023.

Figura 4 – Linha de produção automatizada nos dias atuais.



Fonte: <https://pt.dreamstime.com/linha-de-montagem-rob%C3%B3tica-bra%C3%A7o-rob%C3%B3tico-rob%C3%B4-na-f%C3%A1brica-inteligente-robot-em-oficina-produ%C3%A7%C3%A3o-automatizada-image197997928#>. Acesso em: 10 fev. 2023

Tabela 2 - Comparativo da indústria Construção Civil

Figura 5 – Construção do Edifício Martinelli em São Paulo (1924-1934)



Fonte: <https://rquivo.arq.br/projetos/edificio-martinelli>. Acesso em: 05 fev. 2023.

Figura 6 – Construção nos dias atuais.



Fonte: Próprio autor. (2019)

Quando fala-se em inércia, conservadorismo e resistência à alterações no mercado da construção civil brasileira é porque observa-se tanto na construção do

Edifício Martinelli como em obras quase um século depois, muita similaridade, ambas utilizando metodologias que exigem um grande empenho de mão de obra, no caso estruturas em concreto armado, que também podem ocasionar um grande consumo e desperdício de madeira e tempo, visto que, o método pode ser subdividido em no mínimo 4 sub-etapas, execução de formas e escoramento, armações, concretagem e cura.

Da Paz, Bellei e Barbisan (2019), indicam que ao contrário do que é observado em outros países, 80% das construções brasileiras utilizam como concepção estrutural, estruturas em concreto armado, onde uma boa parcela poderia ser substituída por exemplo por sistemas mais otimizados como estruturas metálicas, que são pré-fabricadas e podem reduzir tanto o desperdício de insumos como o tempo de execução da obra, dado que, a operação no canteiro de obras se reduziria a uma etapa de montagem.

Por esse motivo Monteiro Filha, Costa e Rocha (2010), recordam que o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias construtivas, bem como a difusão de metodologias mais industrializadas, pautadas na otimização de processos podem ser empregadas em larga escala e auxiliar na resolução do déficit habitacional.

Por fim, De Freitas e Rodrigues (2022), apontam que a construção *off-site* e os métodos industrializados geram melhores resultados em comparação aos canteiros de obras tradicionais. Favorecendo uma melhor relação entre produtividade, sustentabilidade, qualidade, velocidade, redução de resíduos e retrabalhos, sendo possível observar profusos casos de sucessos ao redor do mundo.

A tabela a seguir faz uma síntese das particularidades da construção civil elencadas bibliograficamente no corpo dessa pesquisa. Com a tabela, é possível também, identificar, com embasamento em diversos autores, alguns dos fatores que oneram os indicadores de desempenho do setor e vêm se repetindo por décadas.

Tabela 3 – Quadro resumo de peculiaridades e deficiências historicamente observadas na construção civil.

Ano	Autor	Observação
1992	Koskela	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiência na saúde ocupacional.</li> <li>• Baixa Produtividade.</li> <li>• Qualidade insatisfatória.</li> </ul>
2007	Yazigi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indústria móvel e não seriada.</li> <li>• Baixa qualificação da mão de obra.</li> <li>• Conservadorismo.</li> <li>• Falhas nos mecanismos de planejamento e controle.</li> <li>• Dificuldade para implementação de conceitos de qualidade</li> </ul>
Arantes	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultoso equilíbrio entre os níveis de investimentos necessários para conseguir níveis satisfatórios de produtividade, prazo e qualidade.</li> </ul>
2015	Matta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiências de gerenciamento e produtividade.</li> </ul>
2017	Valente e Aires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercado apoiado na adaptabilidade e sem métodos de gestão.</li> </ul>
2018	Zanotti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falhas e ausência de gestão efetiva.</li> </ul>
2019	Mattos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informalidade dos canteiros de obras e empirismo.</li> <li>• Deficiências no planejamento e gerenciamento de projetos.</li> <li>• Déficit de qualidade e produtividade.</li> </ul>
2019	Silva e Zafalon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiências de processos, planejamento e controle da produção.</li> </ul>

## **3.2 Lean Construction**

Para compreender a gestão do processo produtivo é interessante avaliar os conceitos discutidos pela engenharia de produção, o histórico do planejamento e controle da produção (PCP) e traçar uma linha histórica abordando os conceitos elucidados por Taylor, Ford, Fayol e o Sistema Toyota de produção de maneira a contextualizar historicamente o *Lean Construction*.

### **3.2.1 Contextualização histórica acerca dos modelos de produção**

Para Arantes (2008) o ser humano sempre tem utilizado os sistemas de produção para modificar características de determinados processos, produtos ou objetos e torna-los melhores e mais úteis.

Segundo Godoy (2010), desde o século XIX, tem-se perseguido a otimização de processos e uma melhor integração de pessoas, processos e produto. Sendo no século XX com o advento das teorias clássicas de administração, desenvolvidas por Taylor, Fayol e Ford o presságio dos modelos de produção que regeriam as grandes indústrias.

Gonçalves (2009), explicita que modelos de produção otimizados vêm sendo aplicados durante toda a história, passando pelo império romano, até chegar aos princípios *Lean*, e criação de valor para o cliente.

Um dos pioneiros no estudo da administração científica, o americano Frederick Taylor propunha um aumento da produtividade pautado na padronização dos métodos e do ferramental, ou seja, todos trabalhadores sairiam de um formato empírico e experimental e seriam treinados para exercerem os serviços de uma maneira pré-estabelecida. Em linhas gerais, após estudar o tempo gasto pelos colaboradores para executar determinada tarefa, o método mais ágil deveria ser selecionado. Henri Fayol, em uma linha de raciocínio bem similar a Taylor, complementou as ideias de seu antecessor e sua principal contribuição fora a consolidação de premissas, ou regras básicas para aquilo que foi denominado “doutrina administrativa consagrada”, em outras palavras, Fayol definiu com maior clareza o que seria administrar, organizar, sistematizar, direcionar, controlar e harmonizar uma empresa. (GODOY, 2010).

Arantes (2008), cita como marco as grandiosas contribuições de Ford para a indústria como um todo. Caracterizando-o como o pai da produção em massa e pontuando entre outros aspectos, os avanços como a linha de montagem, os postos de trabalho definidos, o controle do processo de fabricação e as manutenções preventivas. A autora afirma que a produção em série foi a responsável pelo aumento da produtividade e o incremento da qualidade, mediante a padronização e uniformização de processos e produtos.

Figura 7 – Linha de produção Ford



Fonte: <https://corporate.ford.com/about/history/company-timeline.html>. Acesso em 03 fev. 2023.

Em suma, pelo método da produção em massa e a padronização das unidades, Ford queria eliminar o ônus, racionalizar o uso de máquinas e elevar a produtividade, sabia que para ser competitivo e cumprir com sua filosofia empresarial precisava de um método otimizado, cujas tarefas fossem simples e absurdamente especializadas, para que os colaboradores cada qual em sua função exercessem seu papel com rapidez e qualidade.

### 3.2.2 O surgimento da filosofia *Lean*

Algo a ser notado na história, são os efeitos colaterais gerados pelas Grandes Guerras nas técnicas produtivas adotadas em subsequência a tais eventos. Azevedo *et al.* (2010), explica que após a Primeira Guerra mundial os americanos saíram de



uma produção artesanal e foram ao encontro de um modelo que permitia a produção em massa. Já no contexto pós Segunda Guerra mundial, o Japão estava devastado e precisava se reerguer. Mediante as restrições de recursos, os japoneses deram início ao que seria denominado posteriormente de produção enxuta, ou ainda, Sistema Toyota de Produção (STP).

De acordo com Shinohara (1988), *apud.* Koskela (1992 p. 10) o novo sistema de produção deveria:

Buscar uma tecnologia de produção que use uma quantidade mínima de equipamento e mão de obra para produzir produtos sem defeitos no menor tempo possível com a menor quantidade de produtos inacabados sobrando, e considerar como desperdício qualquer elemento que não contribua para o cumprimento da qualidade, preço ou prazo de entrega exigido pelo cliente (SHINOHARA, 1988, *apud.*, KOSKELA, 1992, p. 10)

Para Souto (2000), o Sistema Toyota de Produção, técnica de grande êxito na indústria automobilística e resultado de uma ampla evolução gerencial e reflexão dos paradigmas de produção visa a contenção das perdas no processo de manufatura, rechaçando um mecanismo em que é preciso aperfeiçoar o planejamento para evitar a prejudicial e desordenada alocação de recursos, que acaba culminando em prejuízos.

Nesse sentido, é portanto, necessário estabelecer a base do que é considerado *Lean*, ou em outras palavras, produção enxuta. Em comparação com a produção em massa que vigorava até o momento, a produção enxuta consome:

Metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos. (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Diante de tais características é desenvolvida a filosofia *Lean*, um mecanismo pautado na redução de fluxos desnecessários, vislumbrando desperdício zero e maximização de todos os recursos a serem empregados, com intuito de agregar valor ao produto final e gerar lucro.

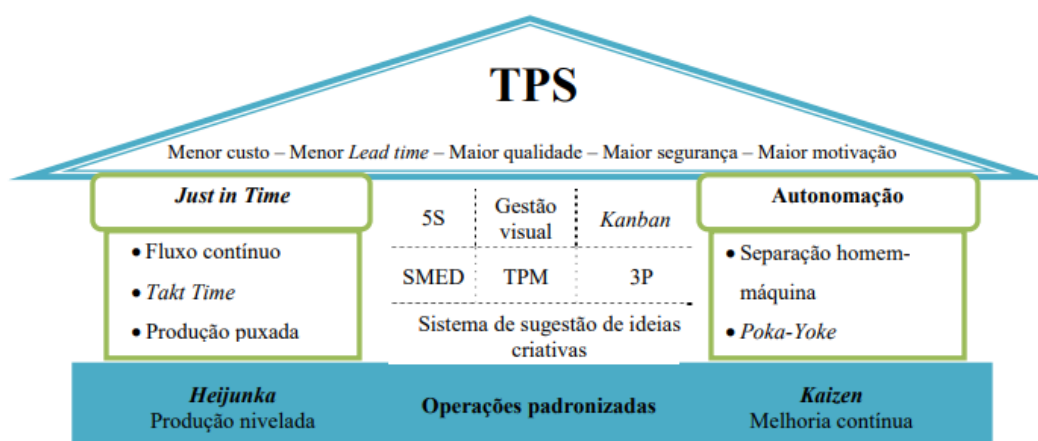
Consonante a isso, Arantes (2008), contextualiza que no contexto pós-Guerra, uma produção em massa e contínua já não seriam adequadas a realidade do país (Japão). A produção seriada requeria abundância de recursos, recursos estes que o Japão não possuía.

Foi então implementada a filosofia *Lean Production*, a qual tinha foco no aumento da eficiência de produção e eliminação de desperdícios. Os japoneses visavam atender um mercado restrito e variado, ou seja, tendo em vista o conceito de produção seriada e em massa que vigorava até o momento, um paradigma foi quebrado. Com a metodologia japonesa mudou-se também a estratégia de mercado, a partir deste momento, deveria haver uma demanda para que houvesse a produção e essa produção deveria ser adequada aos anseios dos clientes. (ARANTES, 2008).

Para Lorenzo (2005), *apud*. Eastman *et al.* (2014, p.94), “Os processos de produção enxutos e a modelagem digital revolucionaram as indústrias aeroespacial e de manufatura. Pioneiros na adoção desses processos, como a Toyota e a Boeing alcançaram grande eficiência e sucesso comercial”.

A ilustração abaixo mostra o cerne do Sistema Toyota de produção. Apoiado na máxima de sempre agregar valor, por meio de gestão, processos bem definidos e o conceito de melhoria contínua. A metodologia conta com diversas ferramentas para otimizar o processo como um todo, corrigir falhas, organizar o fluxo de trabalho, eliminar estoques, além de propiciar qualidade economia e segurança.

Figura 8 - Modelo do Sistema Toyota de produção



Fonte: Gonçalves (2009)

Embora desenvolvido nos anos 50, o Sistema Toyota de produção, ganhou notoriedade e destaque mundial após 1973, em detrimento da crise mundial do petróleo. Em uma conjuntura de recessão e dificuldades financeiras para diversas

nações e empresas, a fábrica japonesa que já aplicava conceitos de gestão mais apurados conseguiu manter seus lucros e ocasionou a difusão dos seus princípios produtivos. (ARANTES, 2008).

Tamanho foi a revolução causada pela nova filosofia de produção que a tabela abaixo demonstra substanciais evoluções quando o assunto é produtividade, onde o tempo requerido para a montagem de veículos caiu pela metade em comparativo com o sistema de produção em massa, os retrabalhos foram reduzidos em um terço e os estoques se tornaram quase inexistentes.

Figura 9 - Comparativo A Planta da General Motors em Framingham versus a Planta da Toyota em Takaoka, 1986

	GM FRAMINGHAM	TOYOTA TAKAOKA
Horas Brutas de Montagem por Carro	40,7	18
Horas Ajustadas de Montagem por Carro	31	16
Defeitos de Montagem por 100 Carros	130	45
Espaço de Montagem por Carro (m <sup>2</sup> )	0,75	0,45
Estoques de Peças (média)	2 semanas	2 horas

Fonte: Womack, Jones e Roos (2004).

Frente aos excelentes resultados alcançados pela montadora japonesa, diversos setores buscaram implementar sistemas de produção enxuta, vislumbrando a diminuição de perdas e priorizando o retorno dos investimentos. (MENENDEZ Y MENENDEZ, 2015).

Arantes (2008), explica que a partir dos anos 90 com a publicação de Womack *et al.* (1990), “A máquina que mudou o mundo”, criou-se o senso de um paradigma de produção a ser aplicado não só na indústria automobilística, mas também em toda e qualquer empresa que desejasse entre outros aspectos otimizar a produção e maximizar os resultados por meio da eliminação de desperdícios, redução de estoques, reduzir o tempo de produção, reduzir o número de colaboradores e o investimento em ferramental, combinando também os benefícios e a possibilidade de personalização de uma produção artesanal com as vantagens oferecidas por um sistema de produção em massa.

### 3.2.3 Conceitos do *Lean Construction*

Advindo do Sistema Toyota de Produção, o *Lean Construction* é uma derivação da filosofia de produção enxuta enviesada para os moldes da construção civil.

Não existe a possibilidade de tratar sobre *Lean Construction* sem referenciar Lauri Koskela, e sua publicação, “*Application of the New Production Philosophy in the Construction Industry*” (1992). Diversos autores, classificam tal trabalho como um marco para o desenvolvimento da filosofia *Lean* na indústria da construção mundial.

Koskela (1992) é um dos pioneiros no estudo do *Lean Construction*, sua base conceitual aponta que a nova filosofia de produção, também chamada de *Lean Construction*, é pautada em um modelo subdividido em atividades de conversão, ou seja, atividades onde ocorre um processamento ou transformação de uma matéria prima e atividades de fluxo, como por exemplo atividades relacionadas com logística. Via de regra, atividades de fluxo na maioria das vezes oneram os projetos e podem ser associadas aos desperdícios e atividades de conversão são aquelas que agregam valor, desse modo, a essência do *Lean Construction* é reduzir fluxos desnecessários e focar na otimização de atividades que agregam valor ao produto final.

Existem diversas oportunidades de aplicação de metodologias *Lean* no amplo processo construtivo como um todo. Picchi (2003), aponta que é possível analisar o conceito *Lean* sob a perspectivas de inúmeros fluxos, dentre eles o do negócio em si, do projeto, da cadeia de suprimentos, da execução da obra e do uso e manutenção do produto gerado.

Para Matta (2015), a grande tônica da filosofia *Lean* encontra-se na exequibilidade e praticidade na montagem dos produtos, requerendo para isso, toda uma engenharia simultânea na fase de projetos.

Conforme Almeida e Picchi (2018), o *Lean Construction* e a sustentabilidade são os meios pelos quais pode-se alcançar a redução de desperdícios e os impactos causados pelo setor.

Em concordância, Daeyoung, (2002), *apud*. Arantes (2008), o *Lean Construction* racionaliza a gestão de projetos, obedecendo o princípio do aperfeiçoamento e interação entre, custos, prazos, qualidade.

De acordo com Azevedo (2010), a construção enxuta propicia uma produtividade contínua, o que se traduz em gerenciar a obra em paralelo às métricas determinadas.

A esse respeito Gonçalves (2009), afirma que:

A filosofia *Lean* constitui um aspecto inovador no setor da construção, tornando projetos mais competitivos pela sua potencialidade de redução de custos e aumento da satisfação do cliente através da redução de desperdícios, melhoria da qualidade dos produtos e garantia de entrega dentro dos prazos estipulados. (GONÇALVES, 2009, p.107).

Conforme acima supracitado, a filosofia *Lean* e conseqüentemente o *Lean Construction*, estão muito apoiados a uma cultura de gerenciamento.

Segundo Valente e Aires (2017), ao se gerenciar projetos, inúmeros benefícios podem ser alcançados, dentre eles, o fato de elaborar o escopo e executar apenas os trabalhos necessários, evitando retrabalhos, facilitar o cumprimento de metas e prazos, minimizar riscos técnicos e operacionais além de prejuízos financeiros, gerenciar com maior eficiência os desembolsos que ocorrem no âmbito do projeto, evitando dispêndios em atraso ou antecipados, dessa forma, aumentando a satisfação de todos os envolvidos.

Arantes (2008), enaltece que as diferenças e as peculiaridades da indústria da construção civil frente a outros setores, sobretudo a indústria automobilística e a de tecnologia da informação são notórias, contudo, percebendo lacunas intrínsecas do setor e mediante a evidenciação do sucesso das metodologias aplicadas em outros setores da economia, a adaptação da teoria *Lean*, ou em outras palavras, a filosofia *Lean Thinking*, começou a ser percebida pelo mercado da Arquitetura Engenharia e Construção. (AEC).

Koskela (1992) cita ainda 11 princípios que auxiliam na geração de valor e na obtenção de melhores resultados na esfera de um projeto.

Reduzir a participação de atividades que não agregam valor; aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente; reduzir a variabilidade; reduzir o tempo de ciclo; simplificar minimizando o número de etapas, peças e ligações; aumentar a flexibilidade de produção; aumentar a transparência do processo; concentrar o controle em todo o processo; construir melhoria contínua no processo; melhorar o fluxo de equilíbrio com melhoria de conversão; referência (KOSKELA 1992, p. 16).

### 3.2.4 Os 11 princípios da filosofia *Lean Construction*

Realizando um compilado das publicações de Valente e Aires (2017), Gonçalves (2009), Arantes (2008), Souto (2000) e Koskela (1992), apresenta-se de forma sucinta os princípios e algumas ferramentas Lean:

1- Reduzir a participação de atividades que não agregam valor: Existe uma série de atividades que via de regra não agregam valor ao produto final, contudo consomem recursos físicos, temporais e financeiros. Um bom exemplo dessas atividades, são os serviços atrelados a logística interna de canteiro de obras. Em algumas circunstâncias alguns materiais são armazenados distantes do seu local de aplicação e todo esse transporte gera ônus para o canteiro. Como solução o pensamento *Lean* propõe um alinhamento com os fornecedores, onde compras otimizadas e entregues de maneira mais industrializada como em paletes, sacarias, ou com auxílio de guincho podem ser uma excelente alternativa.

2- Aumentar o valor da produção por meio da consideração sistemática dos requisitos do cliente: Mapear o processo e entender a necessidade dos clientes internos e externos são de suma importância. A filosofia *Lean* preza por definir parâmetros e diretrizes de execução etapa a etapa em um processo documentado e com *checklists* para se promover o entendimento e equalização das concepções de projeto e assim definir com clareza aquilo que realmente é relevante e agrega valor.

3- Reduzir a variabilidade: Na construção civil é comum ocorrer uma variação enorme de produtos e empreendimentos, e até mesmo em ocasiões onde teoricamente esteja se desenvolvendo o mesmo produto (apartamentos tipo), em detrimento da variabilidade dos processos construtivos e dos materiais a serem empregados é possível observar divergências.

Conforme Covello (2017, p.34), “a grande variabilidade na construção civil é um problema que deve ser melhor tratado, uma vez que a imagem da construção civil está atrelada a grandes atrasos e a custos maiores do que orçados inicialmente”.

O *Lean Construction* afirma que ao padronizar materiais e processos, produtos mais uniformes serão criados e a produtividade irá aumentar, reduzindo assim o índice de incerteza e aumentando a previsibilidade, indo também de encontro a um conceito de produção seriada.

4- Reduzir o tempo de ciclo: Define-se tempo de ciclo como: Tempo de ciclo = tempo de processamento + tempo de inspeção + tempo de espera + tempo de movimentação. Esse conceito visa basicamente a redução de tempo e eliminação de retrabalhos nas 4 parcelas que são somadas, está também atrelado a uma das mais importantes ferramentas *Lean*, o *Just in time*, isto é, desenvolver as atividades de maneira contínua, no momento certo e nas quantidades adequadas, atendendo as necessidades dos clientes.

5- Simplificar minimizando o número de etapas, peças e ligações: A essência deste tópico é a simplificação do processo, além de estar correlacionado a redução das atividades que não agregam valor, o exemplo mais claro e prático desse conceito é a implementação de metodologias de produção mais ágeis e industrializadas, como elementos pré-fabricados e a adoção de processos que viabilizem atividades e produtos que podem ser executados e montados externamente e posteriormente levados até a obra no momento em que forem necessários.

6- Aumentar a flexibilidade de produção: Permitir a flexibilidade e proporcionar ao cliente a possibilidade de personalização em alguns sentidos, irá agregar valor ao produto final e poupará retrabalhos.

7- Aumentar a transparência do processo: A transparência nos processos induz a escolhas mais assertivas evita erros e clarifica as responsabilidades. Exemplificando, engajar a equipe e criar painéis visuais que facilitem a democratização das informações, bem como adotar procedimentos operacionais padrão e instrução de serviço vão refletir em uma operação mais segura, organizada e controlável.

8- Concentrar o controle em todo o processo: Controlar todo o processo é de suma importância. Detectar falhas mesmo que pequenas e corrigir imperfeições rapidamente é um passo fundamental para não deixar que o projeto saia do seu curso natural e cause um ônus ainda maior. Essa ação ajuda também na padronização de processos e no 9º princípio, que trata da melhoria contínua.

9- Construir melhoria contínua no processo: A incessante busca pelo aprimoramento e a excelência deve ser ininterrupta. Essa etapa é conquistada também mediante a implementação dos demais princípios. Continuar no

desenvolvimento de estratégias otimizadas, agrega valor para o cliente e aumenta a lucratividade das empresas.

10- Melhorar o fluxo de equilíbrio com melhoria de conversão: Uma organização deve pautar o seu crescimento analisando o contexto geral, a melhoria não ocorre apenas no processo ou em um produto, na realidade deve existir um equilíbrio entre ambos. Um produto final mais adequado irá envolver melhores insumos, fluxos de trabalho pensados e equipamentos corretos.

11- Referência/Benchmarking: Esse princípio está atrelado a ação de realizar uma avaliação mercadológica. Compreender, comparar e adaptar boas práticas de empresas que já estão no mercado, no mesmo ou em setores distintos podem configurar um ótimo sistema de melhoria contínua e possuem um grande potencial agregador de valor para o negócio e para o cliente em si.

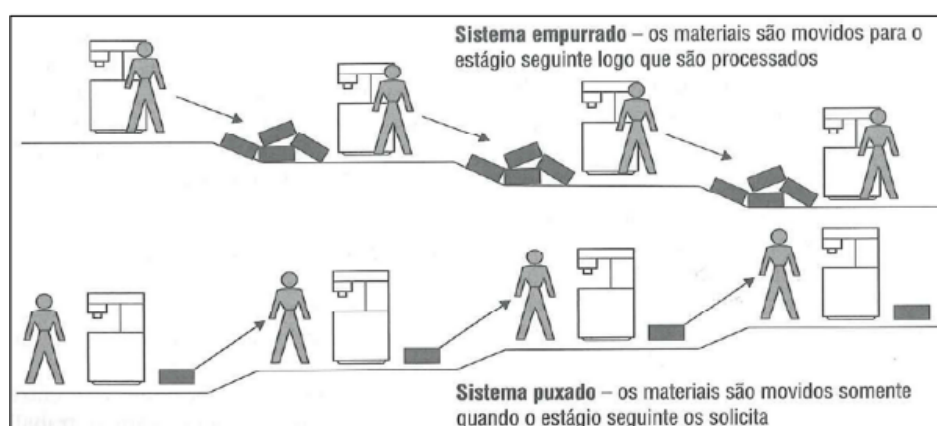
### 3.2.5 As principais ferramentas do *Lean Construction*

#### 3.2.5.1 *Just in time* (JIT)

Para Gonçalves (2009), o JIT trata de uma coordenação onde o produto gerado é feito na quantidade correta e no momento mais oportuno, incorporando também a gestão de insumos, fornecedores, logística, organização, qualidade e recursos humanos.

Valente e Aires (2017) definem o *just in time* como uma maneira de puxar a produção ao invés de empurrá-la como nos métodos tradicionais de produção, evitando sobrecargas e desenvolvendo um fluxo contínuo com menos falhas, desperdícios e estoques.

Figura 10 - Comparativo sistema puxado e sistema empurrado



Fonte: Slack, Chambers e Johnston, 2009, *apud*. MENENDEZ Y MENENDEZ, 2015.



### 3.2.5.2 Kaizen

Para Gonçalves (2009), o *Kaizen*, consiste não apenas em uma filosofia de melhoria contínua, mas também um sistema de aprendizado contínuo.

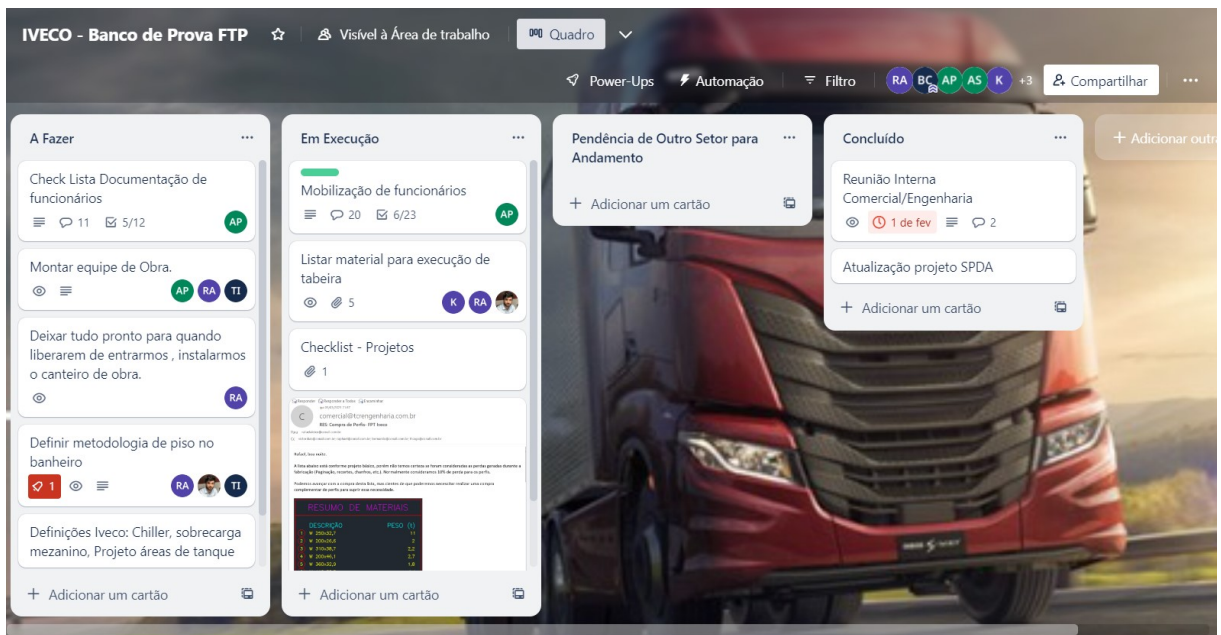
De origem japonesa essa palavra significa melhoria continua ou em outras palavras sempre é possível fazer melhor, a ferramenta prega uma filosofia de busca incessante pela excelência, com aumento da capacidade produtiva, redução dos retrabalhos e a busca pela satisfação dos clientes. (VALENTE e AIRES, 2017).

### 3.2.5.3 Kanban

Segundo Valente e Aires o *kanban* configura uma ferramenta de cunho visual para facilitar a gestão a vista das tarefas a serem executadas bem como o *status* de execução. Atrelada ao *just in time*, norteia acerca do que ainda deve ser produzido, dos materiais que ainda devem ser adquiridos e clarifica o fluxo de produção.

Para Jang e Kim (2007), *apud*. Gonçalves (2009, p.32) o *Kanban* “atua como uma ferramenta visual de melhoria de comunicação entre diferentes *stakeholders*, assegura que a quantidade certa de material é entregue no momento certo, servindo também como ferramenta de controle de segurança”.

Figura 11 - Ferramenta *Kanban trello* para organização de tarefas.



Fonte: Próprio autor. (2023).

#### **3.2.5.4 Jidoka**

Também denominada automação, traz para o sistema mecanismos que otimizam o processo. Por meio de desenvolvimento de inteligência artificial, máquinas podem efetuar conferências que antes demandariam um grande número de operários e um grande tempo. Via de regra consiste em sistemas automatizados antifalhas. (VALENTE e AIRES, 2017)

#### **3.2.5.5 Poka-Yoke**

Desenvolvido para evitar falhas erros e retrabalhos sejam eles por questões humanas ou mecânicas, consiste na implementação de mecanismos simples e geralmente de baixo custo que previnem acidentes e corrigem um trabalho que está sendo executado erroneamente.

Para Gonçalves (2009), o *Poka-Yoke* traduz-se em dispositivos que possibilitam a inspeção e evitam erros durante o desenvolvimento de um produto ou atividade.

Conforme Valente e Aires (2017) uma aplicação bem prática do *Poka-Yoke* no cotidiano da construção civil é a utilização de gabaritos que conferem medidas, níveis e esquadros, evitando que erros passem despercebidos.

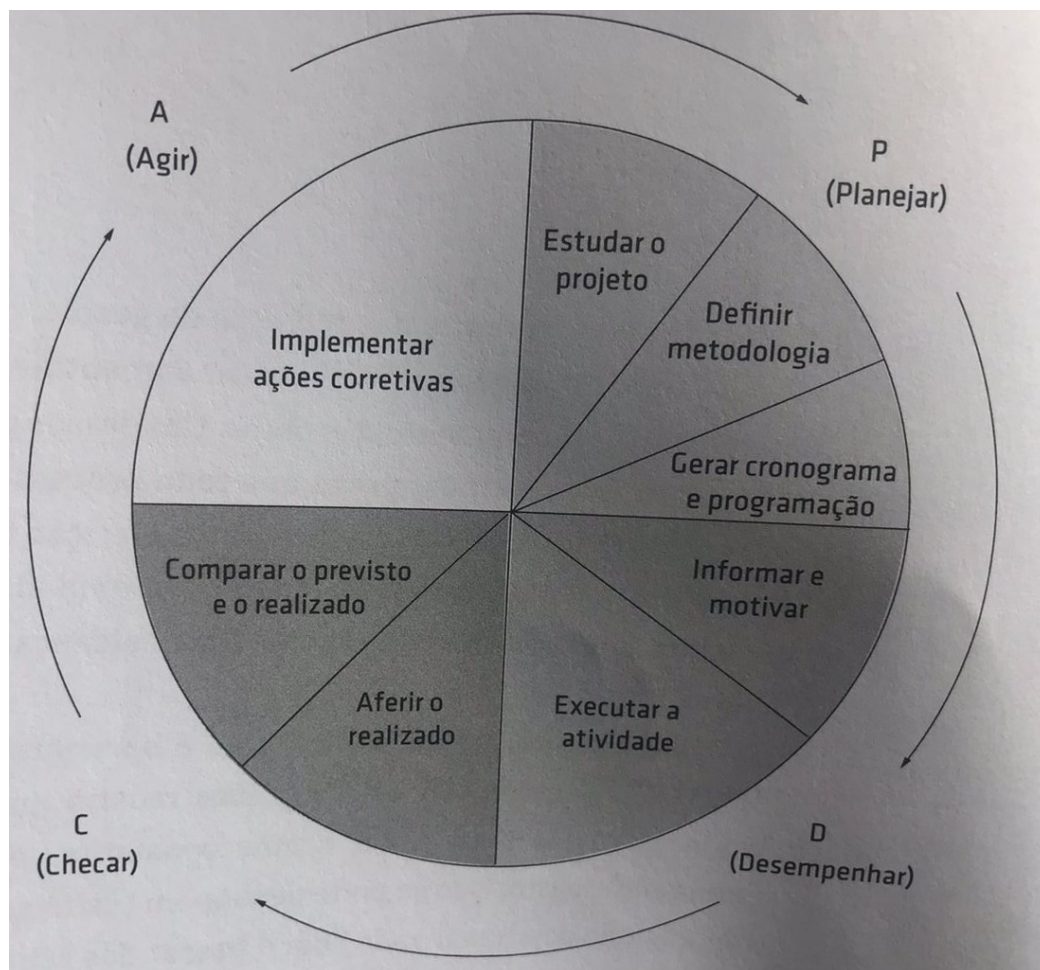
#### **3.2.5.6 Ciclo PDCA**

Uma das ferramentas de gerenciamento que melhor retrata o cerne da filosofia *Lean* é o ciclo PDCA, um modelo capaz de mapear com clareza os processos, aferir o andamento dos projetos e induzir a melhoria contínua.

Conforme Mattos (2019, p.32), “por ciclo PDCA entende-se o conjunto de ações ordenadas e interligadas entre si, dispostas graficamente em um círculo em que cada quadrante corresponde a uma fase do processo”.

Para Valente e Aires (2017), embora muitas vezes interpretada como uma ferramenta para resolução de problemas, na realidade a implementação do ciclo PDCA é uma oportunidade para evitar problemas e alcançar os conceitos do aprimoramento contínuo.

Figura 12 - Ciclo PDCA.



Fonte: Mattos, (2019).

Mattos (2019) define o P em planejar o projeto, isto é, mediante análise das envoltórias dos projetos e do ambiente deve-se estudar e definir a metodologia construtiva e o plano de ataque da obra, gerar cronogramas e programações. O planejamento irá balizar o roteiro a ser seguido para alcançar o objetivo do empreendimento. Já o D, que vem do inglês “do”, significa fazer, desempenhar, ou seja, é a materialização, a execução daquilo que fora planejado. O C de checagem está correlacionado ao controle e monitoramento da obra, é nessa etapa que comparações entre o previsto e o realizado são averiguadas e as conclusões geradas impulsionam para o próximo quadrante. O quadrante A, significa agir, em outras palavras são desenvolvidas ações em prol de corrigir as rotas do projeto caso o mesmo esteja se distanciando dos objetivos iniciais, ou implementar medidas de

melhoria contínua que vão potencializar e agregar valor ao projeto. Dessa forma o ciclo deve continuar e ser repetido sucessivas vezes ao longo da vida do projeto.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A sessão 4 irá apresentar a metodologia utilizada para a obtenção dos dados contidos na pesquisa, bem como salientar e enaltecer a correspondência entre os temas abordados, que de maneira sinérgica trazem para o mercado da construção civil um arcabouço repleto de possibilidades que podem porventura representar a solução para diversas lacunas e peculiaridades intrínsecas e evidenciadas pelo mercado da construção civil, sobretudo no Brasil.

### **4.1 Metodologia de obtenção dos dados**

A essência de uma pesquisa está atrelada ao desejo de compreender mecanismos, criticar situações e na resolução de conflitos. Segundo Kauark *et al.* (2010, p. 24), “pesquisa é o mesmo que busca ou procura. Pesquisar, portanto, é buscar ou procurar resposta para alguma coisa”.

Para Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa é o caminho para se ter uma compreensão mais exata daquilo que é real.

A metodologia de pesquisa é de suma importância para um projeto. Mediante a metodologia adotada, é traçado um planejamento estratégico para nortear a investigação e a busca por respostas acerca dos objetivos do projeto de pesquisa (KAUARK *et al.*, 2010).

Quanto à finalidade, o presente trabalho se enquadrou como uma pesquisa pura, ou seja, com relação à natureza do objeto de estudo, classifica-se a pesquisa como básica, isso se deve ao fato de não haver uma aplicação prática prevista, embora os conceitos abordados possam ser extrapolados e utilizados para a resolução de conflitos e impasses reais da construção civil.

Ademais, segundo a classificação de Campos (2015), a pesquisa teve um objetivo exploratório, discorrendo acerca de um tema vislumbrando a explanação de conceitos e problemas atrelados a indústria da construção para a formulação de hipóteses para a resolução dos mesmos.

Com relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa caracteriza-se como revisão bibliográfica. Gil (2007), aponta que pesquisas bibliográficas são

fundamentadas em livros, artigos e demais publicações realizadas por especialistas e outros pesquisadores tendo como base o tema de interesse abordado.

Em termos de abordagem, a pesquisa visou captar e entender de forma geral o contexto e fenômenos que ocorrem dentro da indústria da arquitetura, engenharia e construção e não foram realizados estudos de cunho quantificáveis práticos, caracterizando a pesquisa como qualitativa. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), o principal objetivo de uma pesquisa qualitativa é o entendimento de determinada conjuntura.

Consultando palavras chaves indexadas à construção civil e relacionadas com gerenciamento, planejamento e controle da produção, desenvolvimento sustentável, teorias de administração, produtividade, sistema Toyota de produção e *Lean Construction*. Buscou-se realizar o aprofundamento em assuntos que já vem sendo debatidos por diversos autores.

Para a elaboração deste trabalho foram pesquisadas nos portais Google Acadêmico e SciElo as palavras chave já referenciadas no parágrafo anterior. Sendo obtidos como resultados inúmeros trabalhos, os critérios de seleção aplicados para a escolha das fontes a serem adotadas teve como base os 30 primeiros artigos que apareceram como resultado da busca. A segunda parte da triagem selecionou artigos pela relevância, ou seja, quantidade de citações em outros artigos e também a data de publicação, priorizando a utilização de fontes dos últimos 10 anos, sendo priorizadas também, fontes e trabalhos nacionais. Os resumos dos trabalhos foram lidos e os que foram identificados como mais sinérgicos e congruentes a este presente trabalho foram lidos em sua integralidade, sendo realizados fichamentos para tornar-se viável um embasamento teórico consistente e promover um diálogo fluido, isto é, uma conversa entre autores realmente relevante.

## **4.2 Análise dos resultados**

O extrato do trabalho consiste na constatação dos benefícios atrelados ao gerenciamento e adoção do *Lean Construction*. À medida que a pesquisa alicerçou-se em uma revisão bibliográfica e com base em conceitos gerias, onde não houve a preocupação em aplicações práticas, ao desenvolver uma análise crítica a respeito dos conceitos estabelecidos e explanados pela literatura, é possível inferir, sobretudo acerca da relevância e a incidência dos conceitos de planejamento, *Lean*

*Construction* e gestão otimizada na verificação dos resultados nos empreendimentos de construção civil.

Realizando um apanhado geral é possível perceber o importante papel exercido pela indústria da construção, perpassando também pelo anseio global e que transcende gerações na busca pelo acréscimo de produtividade nas metodologias de desenvolvimento industrial.

De maneira clara ficam também embasadas as lacunas e barreiras enfrentadas pela indústria da construção, inclusive as diferenças e o nível de desenvolvimento em comparação com outros setores da economia, haja vista a citação de Yazigi (2007), atestando que a indústria da construção civil possui grandes diferenças quando comparada às demais indústrias, sobretudo aquelas as quais foram precursoras no desenvolvimento de conceitos de gestão e qualidade.

Contudo, a pesquisa preocupou-se também em elencar possibilidades e além de demonstrar as falhas e peculiaridades alertou para a importância de se planejar, gerir e administrar projetos de maneira eficiente, reiterando os benefícios atrelados a esse posicionamento.

Em uma linha de raciocínio bem similar, Limmer (1997) e Mattos (2019), defendem que diversos benefícios podem ser associados a prática de planejar uma obra ou empreendimento, mediante o planejamento é possível ter um conhecimento mais apurado da atividade que será executada, mapear incompatibilidades e cenários desfavoráveis, tomar decisões mais assertivas, velozes e eficientes no âmbito de um projeto, construir um orçamento mais coerente com a realidade, aperfeiçoar a alocação de recursos, facilitar o controle e o desenvolvimento do projeto.

Nessa direção, segundo Arantes (2008), a cada dia os projetos aumentam de dimensão e ficam mais complexos, onde as ferramentas de gestão convencionais já não são tão adequadas para o manejo dos projetos, requerendo então mais planejamento e controle, em outras palavras, tudo aquilo que é defendido pelas boas práticas de gerenciamento de projetos e embasado pela filosofia *Lean*.

Corroborando com essa premissa, Mattos (2019, p. 25), pontua que “a crença antiga de que o desperdício e a informalidade são intrínsecos ao modus operandi da construção já não encontra amparo atualmente “

À vista disso, Silva e Zafalon (2019) concluem que nos últimos anos as empresas têm incorporado o planejamento em seu cotidiano, entretanto é preciso aperfeiçoar e difundir o uso de metodologias de planejamento e controle, pois só assim será possível estar em um bom patamar de competitividade, onde custos são reduzidos, cronogramas seguidos, falhas são identificadas e corrigidas de maneira ágil e a margem de lucro é ampliada.

Desse modo, para coordenar o gerenciamento e o planejamento, além de direcionar a gestão de empresas na área da construção civil, a pesquisa identificou a adoção da filosofia *Lean*, que com inspiração fundamental no Sistema Toyota de Produção traz diversas ferramentas e princípios já testados e com resultados triunfosos em outros setores industriais, como um dos principais caminhos pelos quais pode-se alcançar a excelência na indústria da construção.

Conforme estudo elaborado por McGraw (2013) *apud*. Dipenbruck (2017, p.22), “a aplicação do *Lean Construction* proporciona melhoras na qualidade da construção em 84% dos casos, na satisfação dos clientes em 80% e na produtividade e segurança em 77%”.

Por fim, Garrido (2015), realiza uma analogia entre o planejamento e controle da produção, o *Lean Construction* e o *Building Information Modeling* (BIM). A pesquisa demonstra que a interlocução entre essas três áreas pode gerar o aumento da produtividade e eficácia na gestão de construções, incorporando soluções assertivas para o desenvolvimento de projetos e o dia a dia nos canteiros de obras.

Tabela 4 – Quadro resumo das vantagens proporcionadas pelo *Lean Construction* e o gerenciamento de projetos.

Ano	Autor	Observação
1992	Koskela	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução das atividades que não agregam valor e potencialização das que agregam.</li> <li>• Redução da variabilidade e tempo de ciclo.</li> <li>• Aumento da transparência e simplificação do processo como um todo.</li> <li>• Melhoria no fluxo produtivo e nas</li> </ul>

		<p>metodologias de controle.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação do conceito de melhoria contínua.</li> <li>• Aumento da produtividade.</li> </ul>
2004	Womack, Jones e Roos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor esforço e investimento para alcançar resultados satisfatórios.</li> <li>• Estoques menores.</li> <li>• Menor índice de incompatibilidades e tempo requerido para a execução dos projetos.</li> </ul>
Gonçalves	2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torna os projetos mais competitivos.</li> <li>• Auxilia na redução de custos e melhora a qualidade final dos produtos gerados.</li> <li>• Agrega valor e propicia uma maior satisfação dos clientes.</li> <li>• Permite uma relação mais benéfica frente aos parâmetros de competitividade e rentabilidade.</li> <li>• Impulsiona e melhora a produtividade.</li> </ul>
2010	Valle et al.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencializa o sucesso dos projetos e minimiza prazos, custos e riscos.</li> </ul>
2015	Matta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita o entendimento do processo e induz a um cenário de maior praticidade na etapa de execução.</li> </ul>
2017	PMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite a execução de projetos com maior eficiência.</li> <li>• Amplia a compreensão acerca das diretrizes do projeto.</li> <li>• Incorpora qualidade e agilidade.</li> <li>• Norteia uma comunicação mais fluida e produtiva.</li> </ul>
2017	Valente e Aires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evita retrabalhos e facilita o cumprimento</li> </ul>



		<p>de metas e prazos integrando todo o projeto em uma relação mais harmoniosa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimiza riscos operacionais e financeiros.</li> <li>• Assegura que os projetos tenham mais qualidade.</li> </ul>
2018	Almeida e Picchi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução dos desperdícios e impactos causados pelo setor.</li> <li>• Auxilia no alcance dos objetivos do desenvolvimento sustentável.</li> </ul>
2019	Mattos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrega valor para todos os participantes do projeto.</li> <li>• Evita retrabalhos e incompatibilidades.</li> <li>• Melhora o entendimento das premissas dos projetos.</li> <li>• Torna as tomadas de decisões mais assertivas e velozes.</li> <li>• Torna os orçamentos mais coerentes com a realidade.</li> <li>• Facilita o controle e o desenvolvimento do projeto.</li> </ul>
2019	Silva e Zafalon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clarifica os objetivos.</li> <li>• Auxilia na definição do escopo e de um plano de ação para o alcance das metas.</li> </ul>

Ao comparar a tabela 3 que trata sobre as peculiaridades e deficiências da construção civil com a tabela 4 que reafirma as vantagens atreladas a incorporação de sistemas de gerenciamento e da filosofia *Lean*, na rotina empresarial, é possível perceber que boa parte das lacunas atualmente observadas no setor seriam atenuadas e que se delinearía um cenário estimulante ao crescimento da construção civil, além de induzir a fatores de qualidade, economia e segurança.

## 5. CONCLUSÃO

Mediante observância da teoria enaltecida pela revisão bibliográfica, constatou-se total sinergia, com o observado no dia a dia de diversas obras espalhadas Brasil afora, ou seja, a engenharia civil sobretudo no Brasil enfrenta algumas barreiras, dentre elas cabe citar o conservadorismo que se traduz na utilização de metodologias arcaicas e ausência de gestão, problemas de planejamento, estoque, dificuldades para seguir orçamentos e cronogramas, baixa qualidade, um alto índice de retrabalho e desperdícios, o que acaba comprometendo a qualidade e a produtividade do setor.

Embora temas atrelados ao gerenciamento vêm ganhado destaque e mérito nos debates empresariais e também no mundo acadêmico, é possível perceber que ainda existe uma lacuna bem latente, evidenciando a carência e a necessidade de uma difusão ainda maior dos conceitos e aplicações práticas das ações de gerenciamento de projetos e *Lean Construction* na indústria da Arquitetura, engenharia e Construção (AEC).

Com essa perspectiva, acredita-se que a resolução das lacunas evidenciadas na indústria da construção civil decorre do aumento da produtividade nos canteiros de obras e a implementação de metodologias gerenciais e de produção mais otimizadas, isto é, acredita-se que ao seguir os princípios das boas práticas de gerenciamento de projetos bem como a implementação da filosofia *Lean Construction*, impactos e movimentos extremamente positivos podem ser gerados para o setor.

Portanto, conclui-se que, sobretudo para obras de pequeno e médio porte, com a implementação de ferramentas e ações que podem ser consideradas até mesmo de baixa complexidade, contudo muitas das vezes negligenciadas por diversas construtoras, bem como melhorar o nível de comunicação entre as partes interessadas, promover um sistema de gestão a vista e treinamentos para as equipes de campo, estabelecer métricas para um planejamento e um controle assertivo e identificar atividades não agregadoras de valor que podem ser substituídas por processos mais industrializados, pode-se melhorar o coeficiente geral de rendimento e desempenho dos empreendimentos que são erguidos Brasil afora, em outras palavras, ao empregar a filosofia *Lean*, pode-se promover o aumento da produtividade, otimizar os processos e maximizar resultados, isso é,

corroborando com Mattos (2019, p.30) “O planejamento é a chave do sucesso de qualquer empreendimento, seja ele público ou privado”.

## 6. NOVOS TRABALHOS

Para Senger (2017), a literatura e o cenário internacional vêm evidenciando diversos benefícios acerca da construção industrializada, entretanto, a representatividade de construtoras que utilizam tais métodos ainda é pequeno.

Os sistemas construtivos industrializados estão ligados à metodologias e tecnologias construtivas otimizadas com foco na produção de valor, cita-se como exemplo sistemas de *steel frame*, construção *off-site*, impressão 3D, pré fabricados entre outros. Já os materiais e equipamentos que promovem a racionalização da construção estão atrelados a ferramentas e insumos que podem ser aplicados com o intuito de aprimorar e facilitar a execução das tarefas dentro de um canteiro de obras, equipamentos que facilitam a logística interna e argamassas industrializadas, são alguns dos exemplos. (CABRAL, 2016).

Ao longo do trabalho, percebeu-se que interlocução dos princípios *Lean* com a construção *off site* é notória. A máxima de eliminar fluxos e focar no que realmente agrega valor definida pela construção enxuta se encaixa perfeitamente a proposta da construção *off site*, isto é, transformar os canteiros de obras tradicionais em linhas de montagem trazem uma conotação de coerência para o tema abordado. Além disso é possível salientar entre outros aspectos a redução da variabilidade e do tempo de ciclo, assim como a simplificação do processo como um todo e a redução das fases de construção e um controle mais preciso, rigoroso e documentado como algumas das características compartilhadas pelo *Lean Construction* e a *construção off site*.

Conforme Ferreira Filho, Gonçalves e Pinheiro (2021), a construção modular faz correspondência às premissas defendidas pelo *Lean Construction*, tendo em vista que a mesma busca a harmonia entre os fluxos e a melhoria contínua.

Dessa forma recomenda-se para trabalhos futuros a elaboração de pesquisas de cunho prático que verifiquem o desenvolvimento e a aplicação de conceitos *Lean* em canteiros de obra, bem como analisem a interação dos conceitos *Lean* com a execução de obras com sistemas construtivos industrializados e metodologia *off-site*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E. L. G. de; PICCHI, F. A. Relação entre construção enxuta e sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 91-109, jan./mar. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000100211>. Acesso em 30 set. 2022.

ASCE - **American Society of Civil Engineers**. Columbia Section. Colúmbia, South Carolina, Estados Unidos: ASCE, c2011. Disponível em: <http://sections.asce.org/columbia/whatisasce.html>. Acesso em 22 fev. 2022.

ARANTES, Paula Cristina F. G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em construções Universidade do Porto). Faculdade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>. Acesso em 25 set. 2022.

AZEVEDO, M. J.; BARROS NETO, J. P. ; NUNES, F. R. M. **Análise dos aspectos estratégicos da implantação da Lean Construction em duas empresas de construção civil de Fortaleza-CE**. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 13., 2010, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola de Administração de Empresas de São Paulo, 2010. p. 01-16. Disponível em: [http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6048/1/2010\\_eve\\_jpbarrosneto\\_analise.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/6048/1/2010_eve_jpbarrosneto_analise.pdf). Acesso em: 14 out. 2022.

AZEVEDO, Vanessa da Silva de. **Planejamento de atividades da construção predial visando a redução de perdas de processo na ótica da construção enxuta**. 2010. 186 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas; Geotecnia; Construção Civil) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/11551>. Acesso em: 30 set. 2022.

BARBOSA, Filipe; WOETZEL, Jonathan; MISCHKE, Jan. **Reinventing construction: A route of higher productivity**. McKinsey Global Institute, 2017. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

CABRAL, Victor Hugo de Barros, **A industrialização na construção civil como forma de controle de qualidade e aumento de produtividade**. 2016. 66f. Monografia (Curso de especialização em construção civil) – Universidade Federal do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/31714>. Acesso em: 11 fev. 2023.

CAMPOS, Magna. **Manual redação científica**. Mariana: Edição do autor, 2015. ISBN: 978-85-918919-2-4. Disponível em: [https://www.academia.edu/11466038/Manual\\_de\\_Reda%C3%A7%C3%A3o\\_Cient%](https://www.academia.edu/11466038/Manual_de_Reda%C3%A7%C3%A3o_Cient%20)

C3%ADfca ensaio acad%C3%AAmico relat%C3%B3rio de experimento e artigo cient%C3%ADfico. Acesso em: 13 out. 2022.

COVELLO, Thomás Migliorini. **Implantação de sistema de produção ritmada em obra de infraestrutura**. 2017. 116p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-27042018-091442/en.php>. Acesso em 26 fev. 2023.

DA PAZ, Rudinei Silvestre; BELLEI, Poliana; BARBISAN, Ailson Oldair.

**COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ESTRUTURAS DE AÇO E CONCRETO ARMADO EM XANXERÊ - SC**. Anais da Engenharia Civil / 2595-1823, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 35 - 56, may 2019. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/ENGCIVIL/article/view/255>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

DE FREITAS, Luiza Pereira Machado; RODRIGUES, Rafael. Agilidade e eficiência na Construção Off Site. **Boletim do Gerenciamento**, Rio de Janeiro-RJ, v. 29, n. 29, p. 56-65, Abr. 2022. Disponível em: <https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/634>. Acesso em: 29 set. 2022.

DE NEGRI, Fernanda (Org); CAVALCANTE, Luiz Ricardo (Org). **Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes**, volume 2. Brasília: ABDI : IPEA, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5212>. Acesso em: 24 set. 2022.

DIEPENBRUCK, T. M. **Aprimoramento do Sistema de Gestão da Produção em Empresa Construtora Utilizando o Lean Thinking – Estudo de Caso**. 2017. 186p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-17072017-112708/en.php>. Acesso em: 26 fev. 2023.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de Bim: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

FERREIRA FILHO, Celso Modesto; GONÇALVES, Paulo José Simão; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. Os desafios do sistema construtivo modular, a partir de estudo de caso realizado no lote nº 25, Condomínio Reserva Do Parque, Manaus-AM, **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-PR, v. 7, n. 11, p. 109275-109290, Nov. 2021. Disponível em:

<https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/40272>. Acesso em: 29 set. 2022.

GARRIDO, M. C. **Análise da aplicação de modelagem da informação da construção no planejamento e controle da produção em canteiros de obra apoiando os princípios da construção enxuta**. 2015. 189p. Dissertação (Mestrado) - PósGraduação em Engenharia de Produção - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/42379>. Acesso em: 30 set. 2022.

GERHARDT, Tatiana Engel et al. **Métodos de pesquisa**. [Organizado por] Tatiana Engel Gerhardt e Denise Tolfo Silveira; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil–UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica–Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213838/000728731.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13. out. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GODOY, João Miguel Teixeira. O mundo fabril nas concepções de Taylor, Fayol e Ford. **Esboços: histórias em contextos globais**, Florianópolis-SC, v. 17, n. 24, p. 37-70, Dez. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/esbocos/article/view/2175-7976.2010v17n24p37>. Acesso em: 23 set. 2022.

GONÇALVES, Wilma Karina Fernandes. **Utilização de técnicas Lean e Just in Time na gestão de empreendimentos e obras**. 2009. 150p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 2009. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395138970511/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 11 out. 2022.

KAUARK, Fabiana; MANHÃES, Fernanda; MEDEIROS, Carlos. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. – Bahia: Via Litterarum, 2010.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Center for integrated facility engineering. Technical Report #72, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

LIMMER, Vicente Carl. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC Ltda, 1997. 225 p.

MATTA, D. T. **Aplicação de técnicas Lean no gerenciamento de produção: estudo de caso em uma obra na construção civil brasileira.** 2015. 121p. Dissertação (Mestrado) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A9SNBB>. Acesso em: 27 set. 2022.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras.** 2. ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2019.

MENENDEZ Y MENENDEZ, MONIQUE. **Aplicação do Lean Construction em obras de ampliação e modernização de uma refinaria de petróleo com o auxílio da ferramenta IPO (Índice de Produtividade em Obras).** 2015. 92f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção. Universidade São Francisco, Campinas, 2015. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2724.pdf>. Acesso em: 11 out. 2022.

MONTEIRO FILHA, Dulce Corrêa; COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4522>. Acesso em: 29 set. 2022.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3439>. Acesso em: 14 out. 2022.

PMI – Project Management Institute. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** (Guia PMBOK®). 6ª. Ed. – EUA: Project Management Institute, 2017.

SENGER, Eduardo Werneck. Percepções de construtores e incorporadores sobre industrialização na construção civil em Curitiba. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838**, Florianópolis-SC, v. 10, n. 1, p. 23-43, 2017. Disponível em: <https://etech.emnuvens.com.br/revista-cientifica/article/view/925>. Acesso em: 29 set. 2022.

SILVA, Bruno G.. Ademar Zafalon **CONSTRUÇÃO CIVIL: IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE OBRAS.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXIX, Nº. 000158, 14/03/2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/construcao-civil-importancia-do-planejamento-de-obras>. Acesso em: 14 out. 2022.

- SOUTO, R. **Aplicação de princípios e conceitos do sistema Toyota de produção em uma etapa construtiva de uma empresa de construção civil**. 2000. 209p. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2000. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/9008>. Acesso em: 30 set. 2022.
- TEIXEIRA, L.; CARVALHO, F. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Nº. 109, 2005 (Jul./Dez. 2005), p.9-26. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4813503>. Acesso em: 27 fev. 2022.
- VALENTE, Antônio Carlos da Costa; Aires, Victor Meireles. **Gestão de projetos e lean construction: Uma abordagem prática e integrada**. Curitiba: Appris, 2017.
- VALLE, A. B; SOARES, C. A. P; JUNIOR, J. F; SILVA, L. S. F. **Fundamentos do gerenciamento de projetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010. 172p.
- WOMACK, J; JONES, D; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 8. ed. rev. e ampl. São Paulo: Pini, 2007.
- ZANOTTI, Nero Lenotti. **Padronização de processos produtivos e melhoria contínua como fatores de aumento da produtividade na construção**. 2018. 113p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3153/tde-21092018-142300/en.php>. Acesso em: 26 fev. 2023.