



BÁRBARA ALICE GAMA CARVALHO FERREIRA

**PRINCÍPIOS DO *LEAN CONSTRUCTION*: estudo de caso em um
edifício de grande porte e alto padrão na cidade de Varginha-MG.**

LAVRAS-MG

2021

BÁRBARA ALICE GAMA CARVALHO FERREIRA

PRINCÍPIOS DO *LEAN CONSTRUCTION*: estudo de caso em um edifício de grande porte e alto padrão na cidade de Varginha-MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

LAVRAS-MG

2021

PRINCÍPIOS DO *LEAN CONSTRUCTION*: estudo de caso em um edifício de grande porte e alto padrão na cidade de Varginha-MG.

LEAN CONSTRUCTION PRINCIPLES: a case study in a large and high standard building in the city of Varginha-MG.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

BANCA:

Prof. Dr. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Prof. Dr. Wisner Coimbra de Paula

Prof. Dr. Andrea Aparecida Ribeiro Corrêa



Prof. Dr. Priscilla Abreu Pereira Ribeiro

Profa. Orientadora

Prof. Dr. Wisner Coimbra de Paula

Prof. Co-orientador

LAVRAS-MG

2021

AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus por todo o entendimento e força que Ele me concedeu para a realização desse trabalho. Sem Ele, não conseguiria fazê-lo. sequer teria chegado ao último período.

Agradeço aos meus pais, amigos, familiares, minha irmã e meus filhos por todo o apoio e carinho durante todos esses anos de graduação. Em especial, gostaria de agradecer às minhas tias Belmira e Teresinha. Essa graduação só foi possível devido ao imensurável apoio financeiro, emocional e espiritual que me deram. Por vocês terem acreditado em mim, eu também acreditei. Obrigada.

Tenho muito a agradecer também à minha orientadora, professora Dr. Priscila pela orientação e paciência; ao co-orientador professor Dr. Wisner pela disponibilidade e conselhos, sem os quais estaria perdida.

Também agradeço à UFLA, seus técnicos, professores e toda a estrutura que usufruí nesses últimos seis anos. Minha passagem nessa universidade será sempre um grande marco na minha vida profissional. Obrigada por tudo.

RESUMO

A construção civil no Brasil é notadamente defasada em relação a outros setores industriais. Para contornar o desperdício e improdutividade nesse setor, construtoras e incorporadoras têm investido em modelos de gestão cada vez mais aprimorados. A filosofia enxuta (*lean*) foi criada pela *Toyota* e muito difundida nos setores industriais automotivos desde a década de 1960 até nos dias atuais.. Estudos realizados por Lauri Koskela na década de 1990 adaptaram os conceitos *Lean* para a construção civil. O mais conhecido trabalho que realizou sobre esse tema foi o relatório intitulado “*Application of the new Production Philosophy to Construction*”, onde está contido a essência do que é conhecido mundialmente como *Lean Construction*. Nele, Koskela criou onze princípios que, se aplicados adequadamente, podem gerar atividades mais assertivas no fluxo de tarefas, agregar uma maior percepção de valor do produto para o cliente e reduzir os desperdícios. Este trabalho trata-se de um estudo de caso que visa identificar princípios do *Lean Construction* na construção de uma torre residencial de 30 pavimentos. A análise desse trabalho consistiu em identificar e apontar os princípios do *Lean Construction* nos primeiros meses da obra, com foco principal no setor de planejamento e gestão. A partir dessa investigação, foram identificados pontos críticos na aplicação dos princípios e geradas propostas de melhorias.

Palavras-chave: Construção Civil. *Lean Construction*. Modelo de gestão. Metodologia de planejamento.

ABSTRACT

Civil construction in Brazil is notably behind in relation to other industrial sectors. To circumvent waste and unproductivity in this sector, builders and developers have invested in increasingly improved management models. The lean philosophy was created by Toyota and widespread in the automotive industrial sectors since the 1960s to the present day. Studies carried out by Lauri Koskela in the 1990s have adapted Lean concepts for civil construction. The best known work he carried out on this topic was the report entitled “Application of the new Production Philosophy to Construction”, which contains the essence of what is known worldwide as Lean Construction. In it, Koskela created eleven principles that, if properly applied, can generate more accurate activities in the task flow, add a greater perception of product value to the customer and reduce waste. This work is a case study that aims to identify Lean Construction principles in the construction of a 30-story residential tower. The analysis of this work consisted of identifying and pointing out the principles of Lean Construction in the first months of the work, with a main focus on the planning and management sector. From this investigation, critical points in the application of the principles were identified and proposals for improvements were generated.

Keywords: Civil Construction. Lean Construction. Management model. Planning methodology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Princípio do fluxo puxado	17
Figura 2 – Casa <i>Lean</i>	18
Figura 3 – Programa 5S.....	19
Figura 4 – Linha de Balanço	25
Figura 5 – Sequência lógica do estudo de caso.....	27
Figura 6 – Imagem do edifício	28
Figura 7 – Planta baixa de um pavimento (torre 2)	29
Figura 8 – Gráfico da distribuição financeira por itens.....	31
Figura 9 – Planejamento de execução nos meses de agosto e setembro.....	32
Figura 10 – Canteiro de Obras (identificação dos acessos)	33
Figura 11 – Disposição das câmeras no canteiro de obras.....	36
Figura 12 – Quadro de tarefas no canteiro de obras.....	39
Figura 13 (A) – Organização do Almoxarifado – Etiquetagem	40
Figura 13 (B) – Organização do Almoxarifado – Kits de Hidráulica	40
Figura 13 (C) – Organização do Almoxarifado – Ferramentas.....	40
Figura 14 (A) – Sinalização de localização no canteiro de obras	40
Figura 14 (B) – Sinalização de regras no canteiro de obras	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura do estudo de caso	26
Tabela 2 – Lista de materiais documentados pelas fichas (FVM)	36
Tabela 3 – Processos documentos pelas fichas (FIS)	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral.....	13
1.2	Objetivos Específicos.....	14
1.3	Justificativa	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	A Construção Civil no Brasil – Contextualização.....	15
2.2	Produção <i>Lean</i>	16
2.2.1	Processos de produção artesanal e fordismo	16
2.2.2	Sistema Toyota de Produção – O princípio do <i>Lean</i>	16
2.2.3	Princípios da Mentalidade Enxuta	17
2.2.4	A Casa <i>Lean</i>	18
2.2.5	Estabilidade.....	18
2.2.5.1	Programa 5S	19
2.2.6	<i>Just in Time</i> (JIT)	20
2.3	<i>Lean Construction</i>	21
2.3.1	Os onze princípios do <i>Lean Construction</i>	21
2.3.2	Cronograma Físico Financeiro	24
2.3.3	Linha de Balanço	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Estudo de Caso	26
3.2	Caracterização do empreendimento.....	26
3.3	Sequência lógica do estudo de caso.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	Redução da participação de atividades que não agregam valor.	30
4.2	Aumento do valor do produto por meio da consideração dos requisitos do cliente.	34
4.3	Redução da variabilidade.	36
4.4	Redução do tempo de ciclo.	38
4.5	Simplificação, minimização do número de etapas, peças e ligações.	38
4.6	Aumento da flexibilidade de produção.	38
4.7	Aumento da transparência do processo.	38
4.8	Foco no controle do processo completo.	42
4.9	Incorporação da melhoria contínua no processo.	43
4.10	Equilíbrio da melhoria do fluxo com a melhoria da conversão.	43
4.11	Referência (benchmarking)	43
4.12	Sugestões de melhorias	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXO A	49
	ANEXO B	51

1 INTRODUÇÃO

Dentre os principais problemas da construção civil, pode-se citar os desperdícios de materiais e tempo. Apesar de representar mais de um terço das indústrias do país, sua inovação tecnológica e científica é considerada bastante defasada. A implementação de metodologias eficientes de controle, planejamento e gestão de obras são relativamente recentes. (SARCINELLI, 2008)

A filosofia *Lean*, criada pela *Toyota*, foi amplamente utilizada em indústrias do mundo todo desde sua criação, na década de 1960. Baseada nela, o engenheiro civil Lauri Koskela, em 1992, realizou a adaptação de vários dos conceitos *Lean* para construção civil e seu trabalho ficou conhecido como *Lean Construction*. Esse trabalho foi reconhecido cientificamente e ainda nos dias atuais, com a criação de cada vez mais *softwares* para a engenharia, continua sendo utilizado.

A fim de maximizar os ganhos, reduzir as perdas e gerar valor de mercado, a filosofia *Lean Construction* não só foi explorada nos processos práticos no canteiro de obras, como também no setor de planejamento. Um exemplo disso é o uso de vários *softwares* de controle de eficiência usados.

Para este trabalho, foi realizada um estudo bibliográfico a respeito desse tema, avaliada a aplicação dos princípios, identificado pontos críticos e por fim, foram elaboradas sugestões de melhorias.

Portanto, trata-se de um estudo de caso a respeito de aplicações do *Lean Construction* em um edifício de alto padrão e grande porte na cidade de Varginha-MG. O empreendimento possui 25.322,4 metros quadrados construídos, 65 apartamentos e 25 opções de lazer. Esse empreendimento foi considerado ousado para a cidade de Varginha. Porém, como esse trabalho demonstra, a empresa responsável se preparou ao nível que esse empreendimento exige.

1.1 Objetivo Geral

Objetivou-se com essa pesquisa divulgar o *Lean Construction* como sistema de gestão a fim de beneficiar e aprimorar a construção civil no país através desse estudo de caso e identificar os princípios do *Lean Construction* em uma metodologia descritiva qualitativa, de natureza básica em uma obra.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- 1 . Apresentar e contextualizar a história do *Lean*.
- 2 . Apresentar os princípios *Lean Construction*.
3. Identificar e pontuar as ações decorrentes da gestão *Lean Construction* aplicadas no edifício em questão.
4. Sugerir melhorarias do método *Lean Construction* na obra analisada.

1.3 Justificativa

Uma metodologia de planejamento e gestão aprimorados na construção civil ainda não é tão difundido no Brasil. Isso acontece, principalmente, porque a maioria das obras são de pequeno e médio porte, onde as empresas e/ou profissionais investem pouco em gestões estruturadas. Felizmente, esse cenário tem mudado e, a passos lentos, os profissionais de obras de todos os tamanhos têm procurado esse conhecimento (VALENTE, AIRES, 2017).

Para o início das obras desse edifício, foi realizado um serviço terceirizado de planejamento e gestão baseado nos princípios *Lean Construction*. Isso possibilitou um canteiro de obras organizado, previsão de execução e custos baseados em cronogramas, eliminação e/ou redução de desperdícios, otimização de processos, melhor articulação de estoques e integração de equipes.

Desse modo, desenvolveu-se o trabalho a fim de analisar e divulgar metodologia e ferramentas do sistema *Lean Construction* na obra durante os oito primeiros meses de construção do edifício, que incluem: processos de movimentação de terra, contenção, fundação, disposição do canteiro de obras e construção da primeira e segunda lajes do empreendimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se, a seguir, um estudo teórico sobre os principais tópicos referentes a contextualização da construção civil no país, origem do sistema *Lean* - criado pelo grupo *Toyota* na década de 1960 – e contextualização do *Lean Construction* e suas ferramentas que foram relevantes nesse estudo.

2.1 A Construção Civil no Brasil – Contextualização

A Construção civil compreende a construção de edificações em geral, sejam elas para uso residencial, comercial, industrial, agropecuário ou público. Também são consideradas construções civis as de manutenção, reformas e implementações de imóveis; assim como a montagem de estruturas pré-fabricadas para uso permanente ou temporário (CNAE 4120-4/00, 2010).

No mundo todo, a construção civil é consumidora de uma complexa cadeia produtiva industrial que reúne mineração, siderurgia de aço, metalurgias, produções de vidro, cerâmica, plásticos, extração e beneficiamento de madeira, e equipamentos, elétricos e mecânicos (SEBRAE, 2015).

No Brasil, a construção civil comporta 34% de toda a indústria do país e representa 6% do PIB do país (SINDUSCON-PA, 2020). Para a Câmara Brasileira da Indústria da Construção apesar da crise causada na pandemia mundial do novo coronavírus, a expectativa é que o setor da construção civil cresça 4% em 2021 – o que seria o seu maior crescimento desde 2013 – demonstrando que o mercado da construção civil está aquecido novamente (CBIC, 2021).

Entretanto, o setor da construção civil é caracterizado por seus processos improdutivos, obsoletos e geradores de desperdício e, também, por ser um setor com altos custos e baixa produtividade se comparado a outros países ou outros setores industriais nacionais (SARCINELLI, 2008).

Atualmente, há conscientização do consumidor a respeito dos seus direitos de qualidade, de modo que foi exigido que as construções necessitem do máximo de lucro com o mínimo de perda, assim como manter a qualidade técnica e estética. Nesse contexto, a aplicação dos conceitos da produção enxuta pode representar as mudanças de paradigmas para que a construção civil continue evoluindo assim como no mundo, que já se tornou tão globalizado (SARCINELLI, 2008).

2.2 Produção Lean

Nesse tópico serão definidos e explanados os conceitos do *Lean Production* no que tange ao presente estudo de caso. Define-se:

A produção *lean* é uma filosofia de gestão e produção focada principalmente em eliminar ou reduzir processos que não gerem valor ao produto final. Ela também é conhecida como TPS (*Toyota Production System*), *Lean Manufacturing*, Produção Enxuta ou *Lean Thinking* (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2019).

2.2.1 Processos de produção artesanal e fordismo

Até o século XIX, o processo de produção de produtos – inclusive automotivos - era artesanal e uma das principais características desse modelo era a individualidade de cada item; a indústria possuía baixa produtividade, não havia produção em escala e a contenção de custos não era priorizada (WOMACK, 1992).

No início do século XX, o setor automobilístico foi o berço da industrialização e nele surgiu o sistema de produção em massa, também conhecido como Fordismo. Como frisou Maximiano (2012) é de autoria de Henry Ford a propagação desse método pelo mundo inteiro a partir de 1908, com a produção do modelo T, da Ford. Esse sistema está apoiado sobre dois pilares básicos: uniformização das peças e a qualificação dos colaboradores em funções fixas, principalmente focadas em aumento de velocidade e capacidade (VALENTE, AIRES, 2017).

No ano de 1955, o sistema de produção em massa já estava aplicado na maioria das grandes indústrias quando surgiu, em 1960, o sistema *Toyota* de Produção.

2.2.2 Sistema *Toyota* de Produção – O princípio do *Lean*

Na década de 1950, após perder a Segunda Guerra Mundial, o Japão estava abalado economicamente. No setor automotivo, problemas com o baixo mercado consumidor interno, questões culturais e a própria concorrência internacional inviabilizaram a aplicação do sistema de manufatura empurrado (WOMACK; JONES; ROOS, 1992). Portanto, mudanças na gestão foram exigidas.

Nesse contexto, a empresa automotiva *Toyota* buscou reduzir seus desperdícios de produção assim como aumentar a qualidade de seus produtos. Foi assim que desenvolveu o Sistema *Toyota* de Produção - que também ficou conhecido como *Lean Manufacturing* (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Nesse sistema, os princípios partiram da diminuição, ou eliminação, dos desperdícios, utilização da produção em pequenos lotes, pouco ou nenhum estoque, redução de atividades que não gerem valor, envolvimento dos trabalhadores com o planejamento e alta qualidade no produto final (JAMES-MOORE; GIBBONS, 1997).

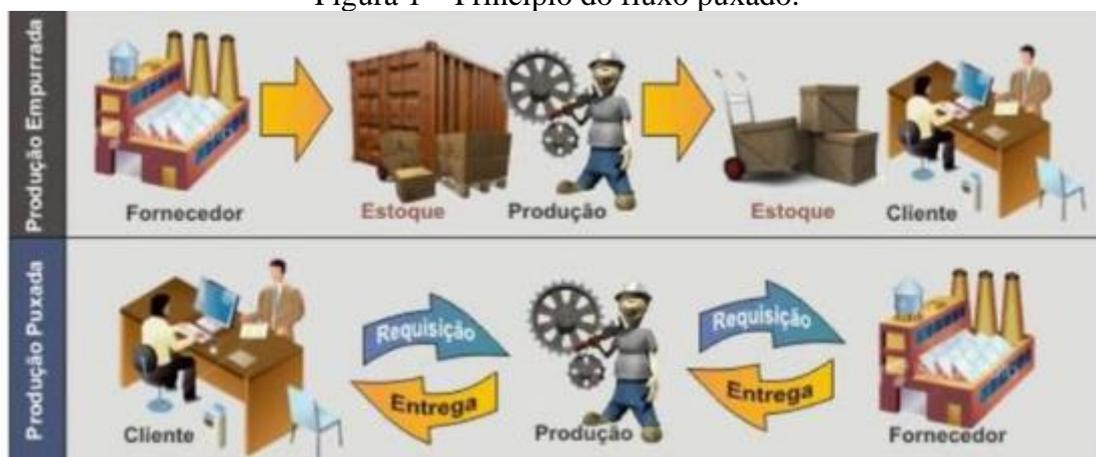
2.2.3 Princípios da Mentalidade Enxuta.

A cultura decorrente do Sistema *Toyota* de Produção pode ser definida como um sistema que fornece à organização métodos de pensar visando a eliminação de perdas durante os processos, sejam elas de caráter humano, material ou ferramental (VALENTE; AIRES, 2017).

Os cinco princípios do *Lean*, para Valente e Aires (2017), são:

- 1. Valor:** o valor é definido pelo cliente e não pela empresa. ou seja, o princípio do valor parte da expectativa do quanto o cliente está disposto a pagar;
- 2. Fluxo de Valor:** consiste em desmembrar toda a cadeia de produção a fim de definir por onde o valor passa. A partir dessa análise, é possível avaliar os processos que geram valor, os que não geram valor mas são importantes, e os que não geram valor nem são importantes, – este último deve ser eliminado;
- 3. Fluxo Contínuo:** consiste no produto fluindo por todo o processo, sem interrupções, estoques intermediários ou paradas, de forma a reduzir o tempo de espera;
- 4. Sistema Puxado:** baseia-se em um fluxo produtivo invertido em relação ao sistema tradicional, onde a produção acontece mediante a uma demanda existente. A Figura 1 ilustra seu funcionamento e o compara com o fluxo tradicional. Nesse sistema, é possível observar que a produção é baseada na demanda do cliente;

Figura 1 – Princípio do fluxo puxado.



Fonte: Rebeca Khouri (2021).

5. Melhoria Contínua: busca constante de aperfeiçoamento dos processos por meio do aprendizado contínuo de todas as equipes, de modo que a perfeição seja a meta, de tal forma que a empresa perceba que a eliminação de desperdícios trata-se de uma busca incessante.

2.2.4 A Casa Lean

Uma forma de representar os princípios *Lean* é através do diagrama em forma de casa. Da mesma forma que é edificada uma casa, assim também deve ser feita a implementação do *Lean* em nossas empresas e projetos.

Conforme ilustra a Figura 2, a implementação desse sistema começa pela fundação, representada pela consolidação da estabilidade. Os pilares são representado pelo *Just-in-Time*, pessoas e qualidade. Estes pilares mantêm a cobertura, que é o objetivo principal: a melhor qualidade, custo e entrega.

Figura 2 – Casa Lean.



Fonte: *Lean Blog* (2021).

2.2.5 Estabilidade

Por estabilidade da empresa entende-se preparação e sensibilização no que tange a pessoas, máquinas, insumos e métodos. Para esse fim, foi desenvolvida a ferramenta Programa 5S na década de 1960 e objetiva a sistematização das atividades de limpeza e organização (MONDEM, 2012).

2.2.5.1 Programa 5S

Sua missão é aprimorar os aspectos culturais através de evolução de pensamentos e comportamentos a fim de beneficiar a empresa organizacionalmente (MONDEN, 2012).

A Figura 3 ilustra seus conceitos.

Figura 3 – Programa 5S.



Fonte: Alium (2018).

De acordo com Valente e Aires (2017), pode-se definir os conceitos do Programa 5S como:

1. SEIRI – Senso de Organização: esse conceito prega que separar materiais, documentos ou ferramentas por ordem de importância e em locais adequados para economia de tempo de procura;

2. SEITON – Senso de Ordenação: *Seiton* é a segunda fase do Programa 5S e seu objetivo é identificar e arrumar tudo de forma que qualquer pessoa possa encontrar. Para tanto, prega que:

- Objetos e documentos que não são usados, devem ser descartados;
- Objetos e documentos que não são usados, mas são importantes, devem ser arquivados ou deixado como reserva;
- Objetos e documentos que são utilizados esporadicamente, devem ser mantidos no local de trabalho;
- Objetos e documentos que são utilizados com frequência, podem ser mantidos com o funcionário ou devem ser mantidos no local de trabalho;

3. SEISŌ – Senso de Limpeza: esse conceito prega que a limpeza deve ser sempre impecável no ambiente do trabalho, nas máquinas e nas ferramentas. Limpar está intimamente ligado a inspecionar, uma vez que a limpeza permite a avaliação das condições de uso do objeto/local;

4. SEIKETSU – Senso de Padronização: também é conhecido como senso de bem-estar e preza pela organização, higiene e arrumação permanente do local de trabalho, utilizando gestão visual para padronizar documentos, atividades e etiquetas identificadoras;

5. SHITSUKE – Senso de Disciplina: o *Shitsuke* busca conscientizar as pessoas da importância do autodesenvolvimento, bons hábitos e disciplina, ensinando-as o que deve ser feito e aplicando treinamentos para este fim. Este é o conceito que mais deve-se dispor esforço, em virtude de ser responsável por manter os funcionários em sintonia com o *Lean Thinking*.

2.2.6 Just in Time (JIT)

O pilar *Just-in-Time* tem relação com a parte produtiva do sistema. Seu idealizador, Kiichiro Toyoda – fundador da *Toyota* – observou que peças prontas ficavam estocadas esperando até que fossem necessárias para o próximo estágio de produção, podendo ser danificadas. Ele viu isso como desperdício (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2009). Nesse contexto, surgiu o conceito de que nenhum componente devia ser fabricado antes da necessidade, mas sim no momento da utilidade, na quantidade necessária, *just-in-time*.

O JIT funciona em fluxo puxado, conforme ilustrado na Figura 2, ou seja, não há produção sem demanda prévia. Para Valente e Aires (2017), seu objetivo principal está na melhoria contínua dos processos, caracterizados pela eliminação e/ou redução de desperdícios e estoques.

Comparado a sistemas convencionais de produção, o JIT se destaca pela priorização de produção em lotes menores, limpeza e organizações se tornam mais fáceis de serem priorizadas, importância principal ao fluxo dos materiais e não à maximização das capacidades produtivas (esse ponto está em especial contraste ao fordismo).

O *just-in-time* ainda promove um processo de produção com capacidade de resposta instantânea e necessidade demandada, com uso mínimo ou inexistente de estoque, busca a perfeição e a filosofia da melhoria contínua, que só tendem a gerar resultados cada vez melhores dentro de um processo produtivo. (VALENTE, AIRES, 2017, p. 95.)

Na construção civil, o JIT está diretamente ligado à eliminação de desperdícios de materiais em geral, tempo e necessidade de estoque, facilidade na tomada de decisão, gestão de controle qualidade, manutenção preventiva (OLIVEIRA, 2019).

2.3 Lean Construction

Em 1992, O finlandês Lauri Koskela escreveu um dos mais importantes artigos sobre a aplicação do *Lean* na construção civil, que representou um marco acadêmico para o setor e lhe proporcionou o título de “pai” do *lean construction* (LORENZINI, 2018).

2.3.1 Os onze princípios do Lean Construction

Com relação aos fluxos de processos tanto de execução quanto de planejamento, Koskela (1992) elaborou onze princípios que, se aplicados na construção civil de maneira estrategicamente adequada, podem aumentar consideravelmente a assertividade das tarefas desenvolvidas e qualidade do produto final. São eles:

- 1. Reduzir a participação de atividades que não agregam valor:** Para Koskela (1992), há atividades que não agregam valor no produto final mas que são necessárias, como a montagem de guarda-corpos e instalação de sanitários temporários na obra. Esse tipo de atividade não pode ser eliminado ou reduzido – devem ser executadas. Todavia, há atividades que não agregam valor e não se necessárias, como funcionários ociosos aguardando liberação de frentes de serviço (SOUZA; CABETTE, 2014). Estas devem ser reduzidas ao máximo;
- 2. Aumentar o valor do produto por meio da consideração dos requisitos do cliente:** Como cliente, pode-se entender que seja a pessoa que receberá o produto final ou o responsável do recebimento de um processo antecessor. Para que esse princípio seja aplicado, é necessário que haja informações estruturadas a respeito do que se espera ser entregue. Essas informações nortearão a elaboração dos projetos, gestão do empreendimento e setor de vendas do mesmo. (ARANTES, 2008);
- 3. Reduzir a variabilidade:** A importância desse princípio está diretamente ligada a redução de desperdícios uma vez que processos que não são submetidos a padronizações podem gerar atividades que não agregam valor, além de diferenças na qualidade da execução do todo;
- 4. Reduzir o tempo do ciclo:** Este princípio está intimamente ligado ao pilar *Just in Time* da filosofia *Lean*, criada pela *Toyota*. Para que seja aplicado, é necessário a percepção de que produzir muito através de abrir várias frentes de serviço é um erro, uma vez que

difficilmente é possível dar a devida atenção a cada uma delas, especialmente na fase final de cada processo, o que acaba gerando baixa qualidade e retrabalhos (VALENTE; AIRES, 2017). O planejamento detalhado das frentes de serviço, com gargalos de tempo entre frentes críticas auxiliam na aplicação desse princípio (KOSKELA, 1992);

5. **Simplificar, minimizando o número de etapas, peças e ligações:** Sua aplicação busca a redução do número de etapas do fluxo e/ou redução de componentes nos processos;
6. **Aumentar a flexibilidade de produção:** na construção civil, esse princípio está intimamente ligado ao segundo princípio, pois, ao proporcionar opções ao cliente, de, por exemplo, revestimentos de pisos, paredes e pedras de bancadas, espera-se a valorização do empreendimento para com o comprador (VALENTE; AIRES, 2017);
7. **Aumentar a transparência do processo:** consiste em disponibilizar o cronograma de atividades e processos aos funcionários envolvidos na construção, além de dispor de cartazes informativos, auxiliando na fluidez no canteiro (FORMOSO, 2011);
8. **Concentrar o controle no processo completo:** diz respeito ao planejamento visto de maneira total, no longo prazo. Esse princípio permite prever prazos, organizar fluxo de caixa, necessidade de equipamentos, entre outros;
9. **Incorporar a melhoria contínua ao processo:** como pontuou Lorenzini (2018), uma vez que há uma padronização mínima nos processos da construção em uma obra, pode-se dizer que as únicas mudanças aceitáveis são as que trarão melhorias. O processo de melhoria contínua é viabilizado através de reuniões entre setores;
10. **Equilibrar a melhoria do fluxo com a melhoria da conversão:** este princípio busca enfatizar a necessidade de avaliar se melhorias de fluxo convergirão para a melhoria de conversão, uma vez que alterações no fluxo geram custos, mas muitas vezes essas alterações não trarão resultados reais;
11. **Referência (*benchmarking*):** consiste em comparar os processos de um parceiro, ou outras empresas referência - mesmo que não sejam do mesmo setor.

Conforme ressaltou Lorenzini (2018), apenas a aplicação dos princípios do *Lean Construction* pode não ser suficiente para a assertividade das tarefas. Algumas razões pelas quais isso ocorre são:

- Alta variabilidade de materiais de obra para obra;

- Variabilidade de processos muito maiores comparando-se a indústrias convencionais;
- Alta rotatividade de funcionários – o que dificulta a melhoria contínua;
- Resistência do setor de construção em continuar utilizando-se de meios tradicionais de construção.

Holweg, citado por Lorenzini (2018), menciona que o Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu logo após a segunda guerra mundial e foi necessária uma agravção da crise do petróleo para que o sistema de produção da *Toyota* fosse prestigiado pelo resto do mundo, a partir da década de 1970.

Small et al (2017) defendem que, para que ocorra uma revolução geral no setor de construção civil nos países, é necessário iniciativas públicas-privadas, ou ainda uma adversidade causada por uma crise.

Em Nova York (EUA), Nahmens e Ikuma (2012) analisaram a utilização dos conceitos *Lean* e princípios *Lean Construction* em construções modulares e verificaram que essas aplicações reduziram o desperdício de materiais em 64% e tempo de produção em 31%.

Também nos Estados Unidos, Salem et al (2006) também verificaram que a aplicação da metodologia *Lean* foi responsável por reduções de custos nas obras em análise. À mesma conclusão chegou Ferreira (2018), em Guaratinguetá – SP.

2.3.2 Cronograma Físico Financeiro.

O cronograma físico financeiro é um documento que relaciona cada etapa da obra com seu prazo de execução e custo. É organizado de forma que seja possível verificar quanto cada etapa custará e sua porcentagem do valor total; isso facilita a visualização do fluxo de caixa da obra (MARTINS; MIRANDA, 2016).

Para sua concepção, são levantados dados históricos de trabalhos semelhantes, sendo a experiência é um dos fatores mais importantes. Esse cronograma deve conter custos com materiais, mão de obra, gastos como aquisição de ferramentas e aluguéis de equipamentos, diárias de motoristas, entre demais custos diretos (PRETEL,2021).

Pretel (2021) desenvolveu um cronograma físico financeiro em um edifício multifamiliar com cerca de 27 mil metros quadrados construídos e observou diversos resultados positivos, entre eles, uma economia com os custos da estrutura de cerca de 12%. Foi observado que essa economia foi decorrente da análise do cronograma físico financeiro por viabilizar análises como: comparações de processos planejados e executados, localização de desperdícios e o incentivo aos gestores por busca de formas de reduzir os custos.

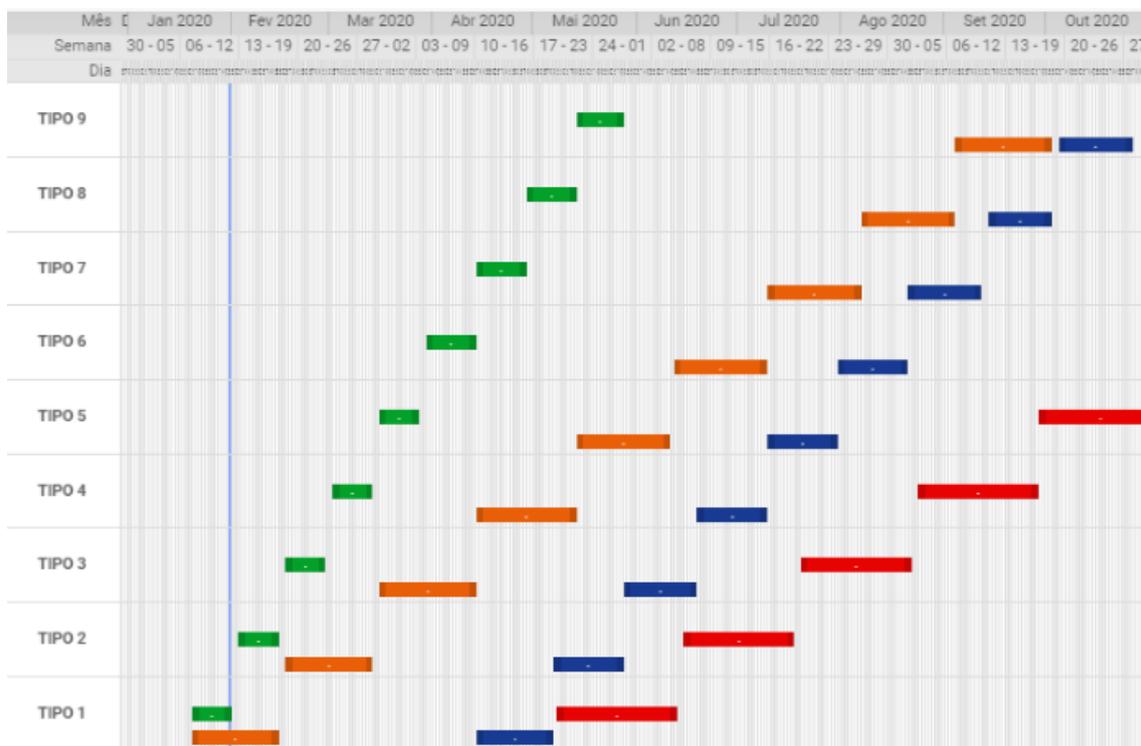
2.3.3 Linha de Balanço

A Linha de Balanço (*Line of Balance* - LOB) é uma técnica de programação de atividades e controle de planejamentos criada pela *Goodyear S.A.* na década de 1940, muito utilizado em serviços repetitivos (LOSEKANN, 2020).

Para que seja aplicada, o cronograma físico da obra é inserido em uma matriz, onde as colunas indicam a estrutura do padrão que será repetido (como pavimentos, blocos, obras) e o eixo “X” indica o tempo. Como resultado, é gerado um gráfico com pacotes de serviços divididos na linha do tempo, relacionando a duração das atividades.

O uso da ferramenta “linha de balanço” possibilita identificar e contornar atrasos referentes ao caminho crítico da construção. Apesar de não identificar diretamente esse caminho, esta ferramenta confronta o tempo de execução de cada tarefa com o cronograma geral de execução, de modo a possibilitar a organização de execução de tarefas críticas com maior “respiro” entre elas. (CASTRO, BORGES, 2017). A Figura 4 representa uma linha de balanço.

Figura 4 – Linha de Balanço.



Fonte: Prevision (2020).

As cores diferenciam os serviços nos gráficos, facilitando a visualização. Além disso, esse método permite a análise do ritmo de produção (fluxo contínuo) e, para Johnston (1981), essa ferramenta viabiliza as equipes envolvidas nesses pacotes a organizarem o prazo de utilização a fim de otimizar e evitar picos de demandas de máquinas ou equipamentos, como caminhões, guas, escoras, etc.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesse tópico serão apresentados a classificação dessa pesquisa, o empreendimento estudado e a metodologia desse trabalho.

3.1 Estudo de Caso.

Para a elaboração desse trabalho, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica contextualizando a construção civil no Brasil; após, foi apresentado a filosofia *Lean*, suas origens e principais ferramentas. Por último, a contextualização desse método de produção aplicado à construção civil. A filosofia e ferramentas estudadas foram identificadas e avaliadas na execução de um edifício na cidade de Varginha MG

A metodologia adotada foi o estudo de caso descritivo com abordagem de pesquisa qualitativa.

Estudo de caso é uma ferramenta de pesquisa que surgiu no século XX, [...] possui uma abordagem indutiva em que a teoria é feita através da coleta de dados e sua análise. As descrições e explicações são feitas com ênfase no processo e no contexto em que se encontram os dados . (TURRIONI; MELO, 2012, p. 148.)

O estudo de caso descritivo é um dos mais poderosos métodos de pesquisa na gestão de operações e seu objetivo é mostrar para o leitor uma realidade que ele não conhece e não procura relações de causa e efeito. (TURRIONI; MELLO, 2012)

A tabela 1 ilustra a estrutura do estudo de caso.

Tabela 1 – Estrutura do estudo de caso.

Estratégia de pesquisa	Forma da questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais?	Focaliza acontecimentos contemporâneos?
Estudo de caso	Como? Por que?	Não	Sim

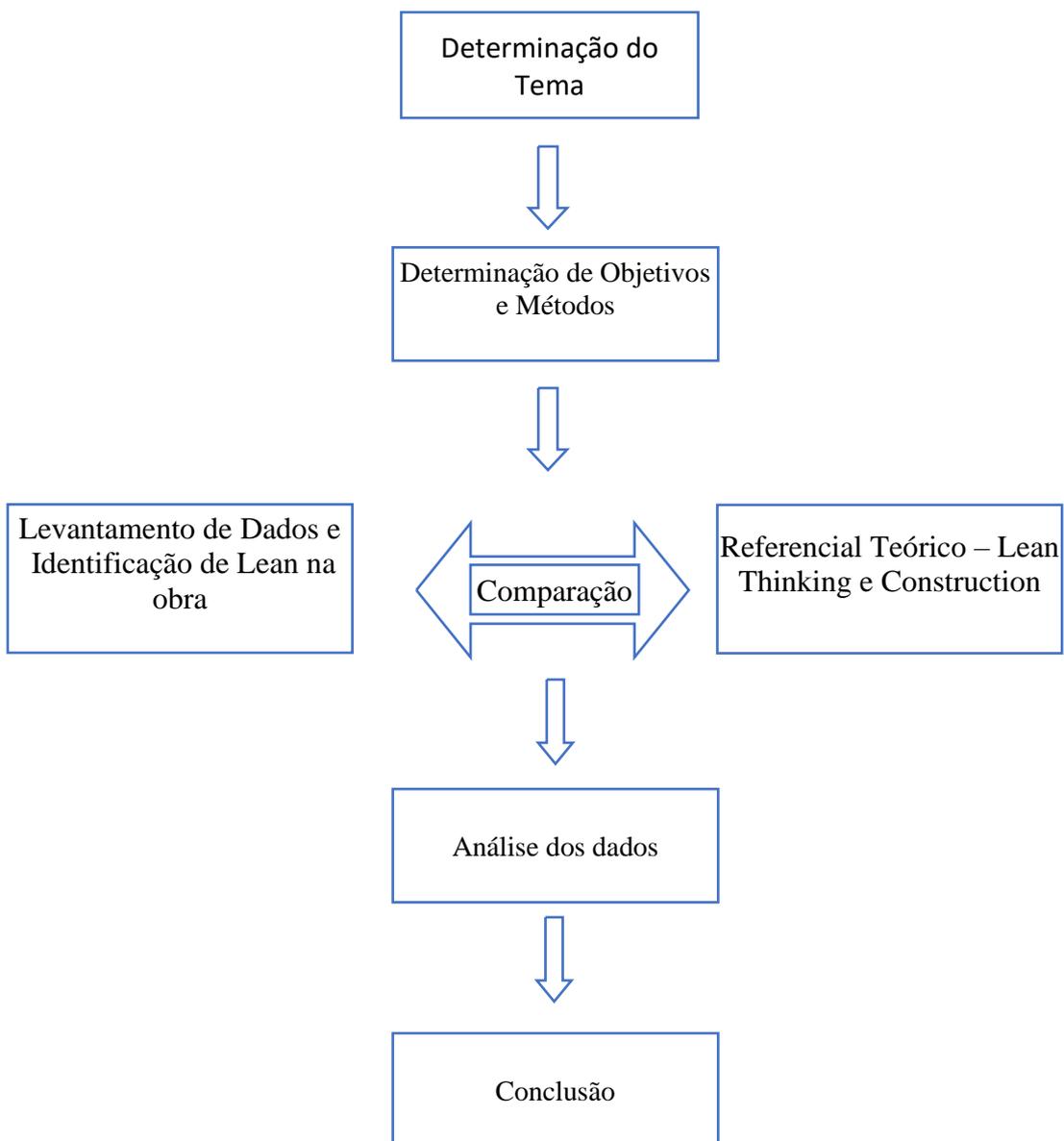
Fonte: Adaptado de Yin (2001)

3.2 Sequência lógica do estudo de caso.

A metodologia utilizada iniciou-se com a determinação do tema da pesquisa e então dos objetivos e justificativa e, posteriormente, foi feito um levantamento teórico simultaneamente à coleta de dados, assim, foi realizada a comparação entre eles. A partir do estudo inicial e levantamento de dados houve a compilação dos resultados obtidos, sugestão

de melhorias e, finalmente, a conclusão. O fluxograma a seguir (Figura 7) representa essa sequência.

Figura 5 – Sequência lógica do estudo de caso.



Fonte: Autor (2021).

3.3 Caracterização do empreendimento.

O edifício em estudo fica situado na cidade de Varginha, no estado de Minas Gerais, e está sendo construído por uma construtora com sede no nordeste, sob a incorporação de uma empresa sul-mineira. O planejamento dessa obra foi terceirizado por engenheiros externos às empresas.

O empreendimento em questão (Figura 5) é um residencial de alto padrão, de propriedade jurídica. Possui 25 opções de lazer, como: academia, piscina, salão de festas, salão de beleza, espaço *kids*, entre outros. Os detalhes do empreendimento são:

1. **Área total construída:** 25.322,4 m²;
2. **Número total de pavimentos:** 32 (considerando os dois pavimentos do subsolo)
3. **Área dos apartamentos:** 135 m² a 245 m²;
4. **Período de construção:** janeiro de 2021 a março de 2024.

Figura 6 – Imagem do edifício (maquete eletrônica).



Fonte: Autor (2021).

O referido edifício possui *layouts* diferentes entre a primeira torre (torre de baixo, a mais larga) e a segunda torre (estreita e alta). A título de ilustração, a Figura 7 representa um pavimento tipo da torre 2, referentes aos apartamentos do 10º ao 27º - com variações nas sacadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

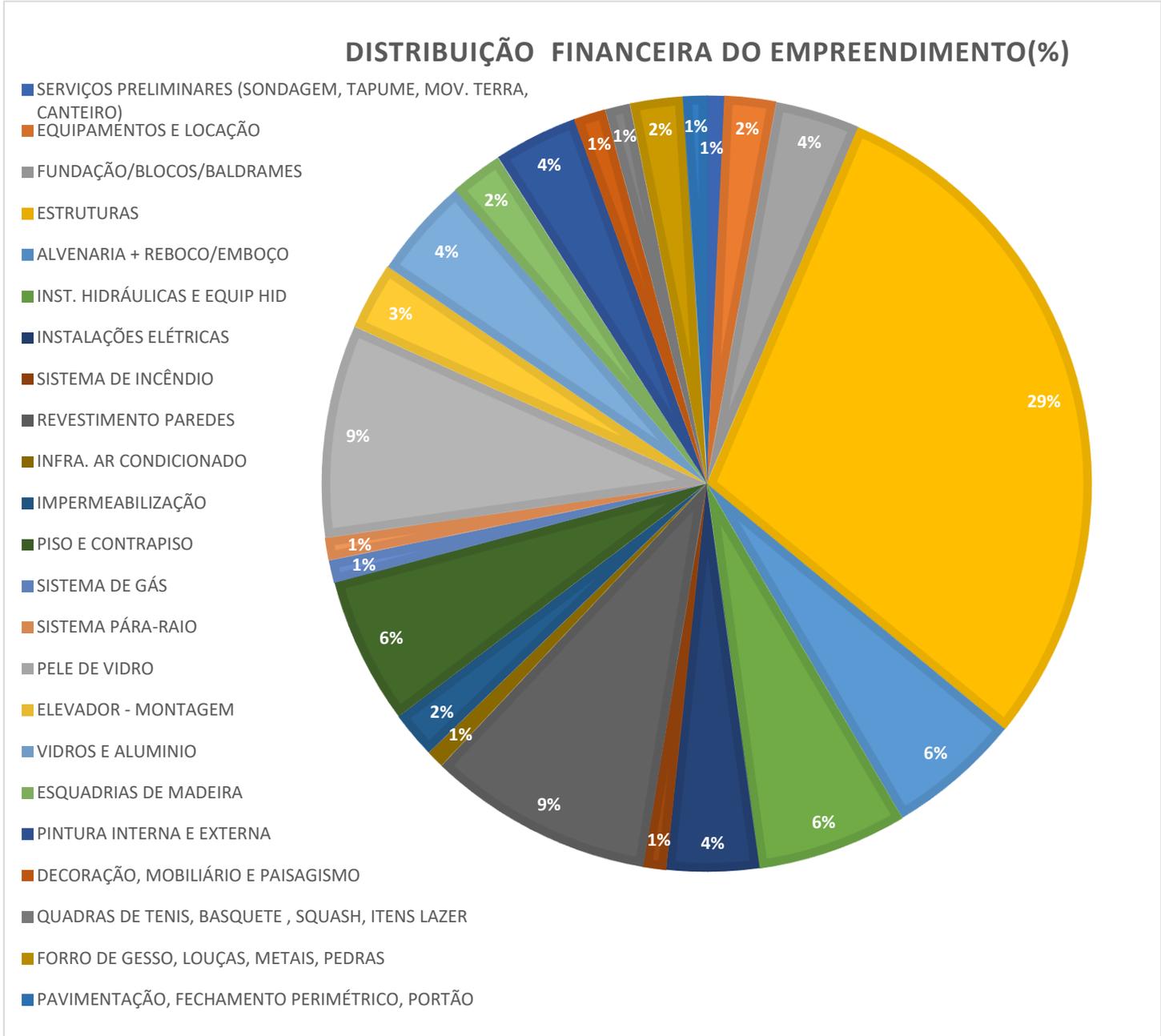
A construção do edifício em questão aplicou várias ações condizentes aos onze princípios da construção enxuta (*Lean Construction*). Nessa seção, foi feita uma relação entre essas ações e os princípios.

4.1 Redução da participação de atividades que não agregam valor.

A primordial forma de reduzir atividades que não agregam valor no produto final é evitar erros, desperdícios e retrabalhos. Para evitá-los, foi realizado o planejamento desse edifício pelas ferramentas cronograma físico financeiro (CFF) e linha de balanço (LOB).

Foi elaborado o cronograma físico financeiro de cada etapa da obra, tempo de duração e orçamento. Para melhor exemplificar a distribuição financeira planejada para o empreendimento, foi montado um gráfico baseado na cronograma físico financeiro, representado na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico da distribuição financeira por itens.



Fonte:
Autor (2021).

O cronograma físico financeiro também forneceu os dados base para o planejamento representado na Figura 9. A primeira coluna representa a atividade; a segunda coluna indica a porcentagem concluída; a terceira, a duração em dias; a quarta, a data de início; a quinta, a data de término. As linhas representadas nas últimas colunas são a distribuição das atividades no espaço de tempo, facilitando o cumprimento de prazos, organização de frentes de serviço e auxiliando na tomada de decisões acertivas.

Considerando que o período de construção desse empreendimento é de 38 meses, é inevitável que algumas alterações em relação ao prazo de etapas aconteçam. Por isso, um dos pontos mais interessantes do planejamento ser realizado por um *software* está na facilidade de atualizar esses prazos instantaneamente.

A Figura 9 representa a distribuição de tarefas do edifício durante os meses de agosto e setembro de 2021, ou seja, durante a execução de movimentação de terra, contenção, fundação e parte da estrutura.

Figura 9 – Planejamento de execução nos meses de agosto e setembro.



Fonte: Autor (2021).

Outro exemplo prático de atividades que não agregam valor são o tempo e mão de obra gastos para transporte de materiais. Duas atitudes foram observadas para facilitar essa questão:

- 1. Uso de máquinas para o transporte de materiais e pessoas:** elevador cremalheira e grua, a fim de aumentar a produtividade, reduzir o tempo de transporte e seguir normas vigentes, sendo ambos com previsão de instalação assim que houver a quarta laje executada.
- 2. Utilização de vários portões de acesso:** conforme indicado na Figura 10, o canteiro de obras possui quatro portões de acesso, a fim de que se possa retirar o maior proveito para entrada de pessoas e materiais.

Figura 10 – Canteiro de Obras (identificação dos acessos) – Imagem Aérea.



Fonte: Autor (2021)

4.2 Aumento do valor do produto por meio da consideração dos requisitos do cliente.

Pesquisas encomendadas pela empresa revelaram que o perfil do comprador para os apartamentos desse edifício eram, em sua maioria, realizada por casais com filhos e ou netos. Além disso, foi avaliado que, no sul de Minas Gerais não havia um edifício com alto padrão e *design* moderno como o projetado. Esse estudo de viabilidade do empreendimento pode ser classificado no princípio do *Lean* “Fluxo Puxado”.

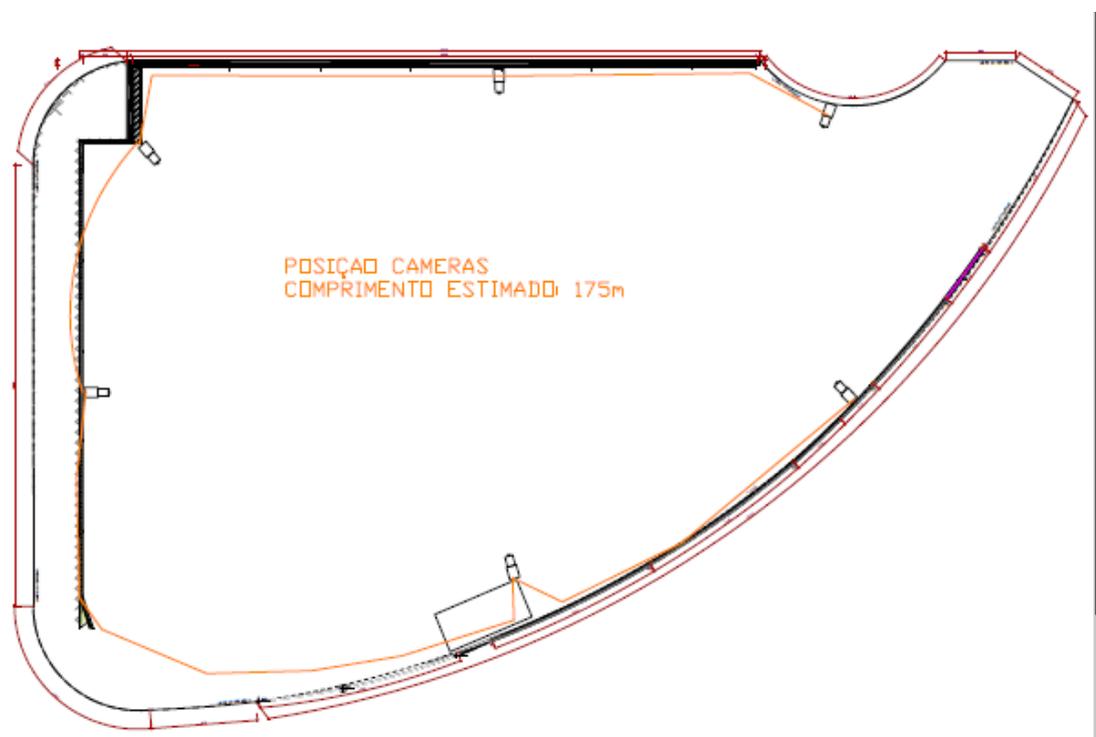
Uma vez avaliada a existência da demanda por um residencial de luxo e moderno na região, foram incluídas, também, 25 opções de lazer no prédio, de forma a promover uma maior percepção de valor e conforto para os compradores e suas famílias. Entre as áreas de lazer, podem-se citar: piscina, bar molhado, cinema, salão de beleza, quadra de tênis de saibro, meia quadra de basquete, quadra *squash*, espaço *kids*, salão de festas 1 e 2, sala de jogos (adulto), academia, parede de escalada, *playground*, *Fire Pit*, *Garage Band*.

Uma atitude que demonstra como esse princípio foi amplamente utilizado foi a decisão de investir centenas de milhares de reais na infraestrutura de lazer nesse residencial possui.

Uma outra característica incrementada foi a utilização do elevador individual, dentro do apartamento. A intenção dessa escolha foi, novamente, aumentar a percepção de valor do produto para o cliente.

Ainda sobre percepção de valor, pode-se citar a instalação do sistema de câmeras durante a construção do empreendimento no canteiro de obras, disponível para que os adquirentes possam observar ao vivo enquanto o residencial é edificado. Foram instaladas 6 câmeras, com alturas em relação ao nível da rua principal de 3 a 22m. Na Figura 11 está representado as câmeras no canteiro de obras.

Figura 11 – Disposição das câmeras no canteiro de obras.



Fonte: Autor (2021).

Além da equipe de vendas da incorporadora, há a equipe de *marketing*, especializada em entender a demanda dos clientes e, principalmente, entregar trabalhos que possam ser percebidos como valiosos a eles. Essa equipe se preocupa com o pós-venda. Uma iniciativa, que se adequa a esse princípio do *Lean Construction* é o jornal semanal de acompanhamento da obra para os adquirentes, onde eles são informados dos principais acontecimentos e imagens da obra.

4.3 Redução da variabilidade.

Uma solução adotada a fim da maior padronização nas frentes de serviços quanto à qualidade dos serviços realizados e materiais adquiridos, são as fichas de inspeção de serviço (FIS) e fichas de verificação de materiais (FVM).

Através delas, é possível que a empresa padronize, documente e/ou identifique a presença ou falta de qualidade no que tange aos materiais, itens, prazos e atendimento dos fornecedores.

Conforme demonstrado na Tabela 2 (abaixo) diversos materiais que fazem parte do sistema estrutural e de vedação são documentados e inspecionados. Atualmente, esse sistema ocorre por formulários físicos, ou seja, folhas impressas são preenchidas nas obras e arquivadas no escritório. Há um modelo de ficha de verificação de materiais em Anexo A desse trabalho.

Tabela 2 – Lista de materiais documentados pelas fichas FVM.

Materiais Fichados
Barra de Aço
Areia Fina, média, grossa
Brita 0 e 1
Bloco cerâmico
Tijolo maciço
Bloco de concreto
Madeirite
Concreto dosado em central
Gesso, Cimento, Rejunte
Fios e cabos elétricos
Interruptores, tomadas e disjuntores
Kit porta pronta
Laje pré moldada
Sarrafos, Pontaletes, Tábuas
Pedra natural
Tinta, textura, massa e selador
Tubos e conexões PVC

Fonte: Adaptado pelo Autor (2021).

As fichas de inspeção de serviço (FIS), detalham e padronizam a execução dos serviços, sejam eles realizados por empresas terceirizadas ou realizada por funcionários internos. Os processos que recebem este cuidado adicional, geralmente, são os relacionados à estrutura, vedação e ao acabamento.

Atualmente esses procedimentos são preenchidos nas obras e arquivadas no escritório. A Tabela 3 (abaixo) relaciona a ficha de verificação com a etapa da obra.

Tabela 3 – Processos documentos pelas fichas.

Etapa	FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO
Operacional	Operações com grua
Operacional	Impermeabilização com manta asfáltica
Operacional	Impermeabilização
Operacional	Condicionamento e preservação
Estrutura	Protenção com bainha e injeção
Estrutura	Estrutura Metálica
Estrutura	Protenção com cordoalhas engraxadas
Estrutura	Montagem de forma de madeira
Estrutura	Concretagem de peça estrutural
Estrutura	Escoramento e cimbramento
Estrutura	Fabricação e montagem de estruturas metálicas
Vedações Verticais	Alvenaria de vedação
Vedações Verticais	Revestimento cerâmico em parede
Vedações Verticais	Revestimento externo em placas cerâmicas
Vedações Verticais	Tratamento de junta na fachada
Esquadrias	Instalação de porta pronta (kit)
Sistemas Prediais	Instalação de bancada em pedra natural
Sistemas Prediais	Instalação Hidráulica - esgoto
Sistemas Prediais	Instalação Hidráulica - PVC e CPVC
Sistemas Prediais	Drenagem Predial
Sistemas Prediais	Infraestrutura para instalação elétrica predial
Sistemas Prediais	Instalação elétrica predial
Sistemas Prediais	Sistema de aterramento e proteção contra descargas atmosféricas (SPDA)
Vedações Horizontais	Piso cerâmico
Vedações Horizontais	Piso cimentado
Vedações Horizontais	Forro de madeira
Vedações Horizontais	Piso em pedra natural
Vedações Horizontais	Forro de gesso

Fonte: Adaptado pelo Autor (2021).

. Em Anexo B encontra-se um modelo de Ficha de Inspeção de serviço do item “Laje pré – moldada “ (FIS).

4.4 Redução do tempo de ciclo.

Esse princípio também pôde ser atendido com a utilização de equipes polivalentes, ou seja, equipes capazes de realizar vários tipos de serviços, de modo a reduzir o tempo de espera na obra e/ou empecilhos causados pela falta de mão obra especializada.

Para a redução do tempo do ciclo, a ferramenta linha de balanço utilizada para esse empreendimento foi a solução. Através dela, foi possível a análise do caminho crítico, preparar as equipes, dar a atenção devida a cada frente de serviço, especialmente no final da etapa, a fim de não começar uma frente de serviço antes que a antecessora tenha sido terminada.

4.5 Simplificação, minimização do número de etapas, peças e ligações.

Ainda que a simplificação de etapas seja um pouco mais onerosa, a empresa optou por priorizá-las. Algumas medidas foram observadas:

- Aquisição de tijolos e demais materiais em *pallets*, otimização o tempo de descarregamento;
- Uso de argamassas compradas prontas (bastando apenas adicionar água);
- O aço da fundação e estrutura foi comprado cortado e dobrado.

Além da otimização de etapas, essas ações reduzem a necessidade de espaço de armazenamento entre processos.

4.6 Aumento da flexibilidade de produção.

Essa não é uma opção aproveitada nessa obra devido a inviabilidade de construir um edifício de 65 apartamentos com *layouts* personalizados entre si: para isso, seriam necessários equipes especializadas, além de gastos e tempo de planejamento adicionais. Os apartamentos são entregues no contrapiso, ficando a cargo do cliente escolher os materiais de acabamento e realizar sua execução.

Apesar disso, há cinco opções de layouts diferentes na torre 1, na torre 2 há um apartamento com *spa* privativo, dois *duplex* e onze dimensões diferentes para as sacadas entre pavimentos (conforme ilustra Figura 6).

4.7 Aumento da transparência do processo.

Para a maior transparência nas tarefas no canteiro de obras, a empresa elaborou um quadro organizador de tarefas. Ele foi fixado na sala técnica, de modo a ficar visível aos

encarregados para que possam observar os trabalhos em atual andamento, a fazer e finalizados. Observou-se que essa ferramenta trouxe, inclusive, um senso de autonomia maior aos encarregados, reduzindo o tempo de reunião com os engenheiros. A Figura 12 representa o quadro utilizado.

Figura 12 – Quadro de tarefas no canteiro de obras.



Fonte: Autor (2021).

Quanto aos materiais menores, ficam organizados no almoxarifado. Na Figura 13 é possível visualizar as etiquetas nas prateleiras, *kits* hidráulicos organizados e algumas ferramentas de mão, como martelos, penduradas. Também há um controle interno de retirada e devolução desses materiais.

Figura 13 – Organização do Almoxarifado.



Fonte: Autor (2021).

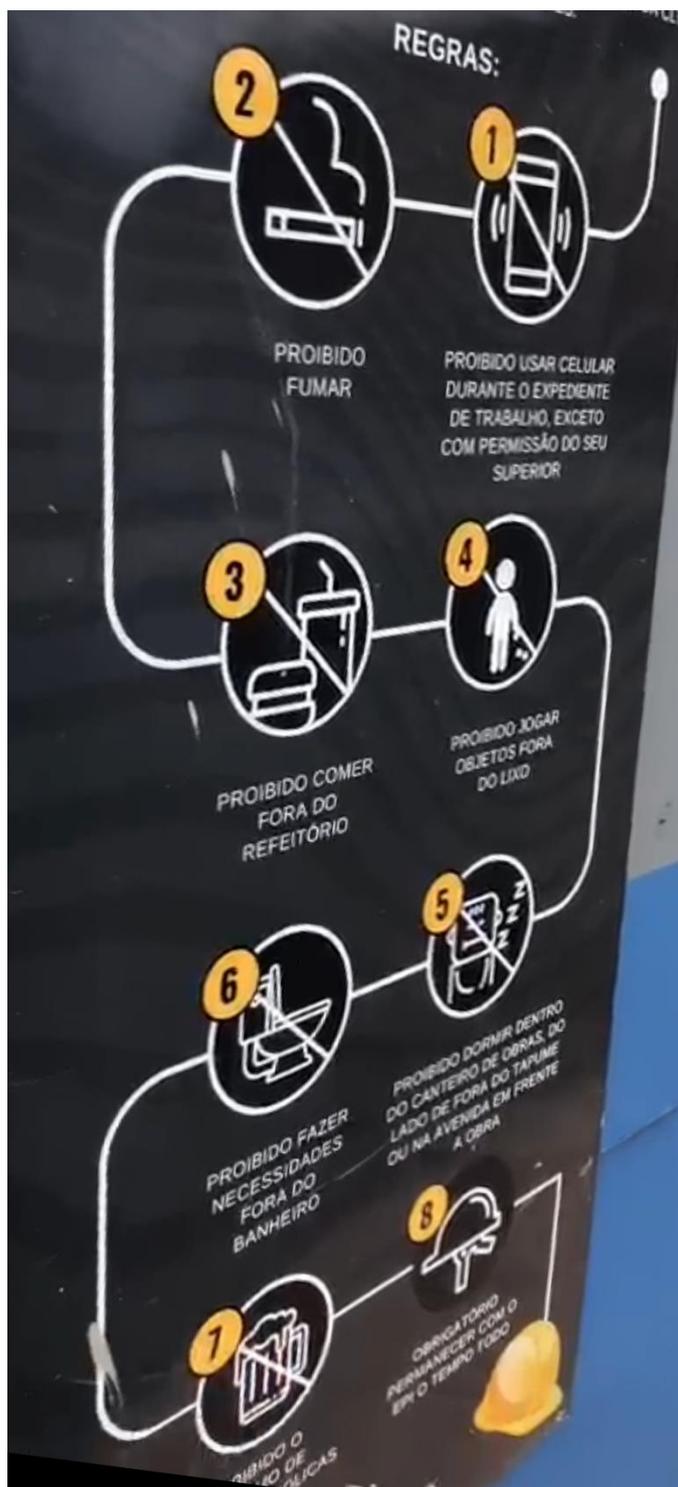
Na entrada do portão social, há sinalizações de locais e regras para o canteiro de obras. As Figuras 14 (A) e 14 (B) representam essas placas.

Figura 14 (A) – Sinalização de localizações no canteiro de obras.



Fonte: Autor (2021).

Figura 14 (B) - Sinalização de regras no canteiro de obras.



Fonte: Autor (2021).

4.8 Foco no controle do processo completo.

Este princípio é amplamente utilizado nas obras da incorporadora. Através de um *software* de gestão global para gerenciamento, a plataforma utilizada é desenvolvida por uma empresa especializada em Planejamento dos Recursos da Empresa (ERP). Sua utilização facilita o fluxo de informações e atividades de maneira integrada e organizada.

Essa plataforma engloba 11 módulos de otimização na incorporadora. No geral, cada módulo gera relatórios, gráficos, relações, tabelas e permite avaliações na base de dados, a fim de integralizar e otimizar cada processo na empresa. Podem-se listar os módulos como:

1. Engenharia;
2. Suprimentos;
3. Financeiro;
4. Nota Fiscal Eletrônica;
5. Contabilidade (Fiscal);
6. Comercial;
7. Gestão de Ativos;
8. Suporte à Decisão;
9. Gestão de Qualidade;
10. Segurança;
11. Integralização BIM.

Como exemplo prático do uso dessa ferramenta, há uma instantaneidade no processo de compras. De um celular na obra é possível realizar a solicitação de determinado material, e, em questão de segundos, o pedido detalhado estará nas mãos dos funcionários do escritório e poderá ser comparado imediatamente à necessidade. O intuito é sempre possuir o material antes da necessidade, mas, em caso de imprevistos, essa possibilidade gera velocidade na execução das etapas.

Como Koskela (1992) pontuou, o sistema de trabalho conjunto entre construtora e incorporadora em uma obra subutiliza este princípio, uma vez que o fluxo de trabalho é segmentado (possui funções distintas), sendo cada uma responsável pelo seu próprio processo global.

4.9 Incorporação da melhoria contínua no processo.

Esse princípio é aplicado nas reuniões semanais entre diretores e engenheiros; entre engenheiros e encarregados e, por último, entre encarregados e funcionários executores a fim de organizar processos de compras, otimizar cronogramas, obter diagnóstico de evolução, avaliar qualidade dos produtos, inferir eficiência da mão de obra, resolver questões relacionadas à rotatividade de funcionários, dentre outras questões relevantes à incorporadora.

Dentre os documentos utilizados para os diagnósticos descritos acima, podem-se mencionar os relatórios de diários de obras, onde são inferidas informações relativas ao trabalho dos funcionários internos, dos terceirizados, utilização de materiais próprios e alugados, fotos de execuções de processos e possíveis transtornos.

Também podem-se mencionar as fichas de inspeção de serviço (FIS) e verificação de materiais (FVM) que, além de serem utilizadas para manter a padronização (conforme Tópicos 4.3 e Anexo A desse trabalho), também são utilizadas na avaliação dos fornecedores no que diz respeito a prazos de entrega, atendimento e qualidade. Ou seja, se a avaliação da ficha apontar uma desconformidade com relação ao planejado, ações serão tomadas para que o erro não se repita.

4.10 Equilíbrio da melhoria do fluxo com a melhoria da conversão.

Esse princípio é importante, pois refere-se ao equilíbrio entre a busca por melhoria de conversão e melhoria de processo uma vez que, tanto atividades de processo quanto atividades de conversão geram custos e/ou gasto de tempo, mas apenas essas últimas agregam valor ao produto. Mas, uma melhoria de conversão nem sempre indica uma melhoria no processo com um todo, pois pode impactar de forma contrária aos demais princípios *Lean Construction* (SILVEIRA, 2017).

Um exemplo a respeito da melhoria de conversão inviável que foi indeferido no momento desse estudo de caso foi a implementação de padronizações de execução para a obtenção de certificados de organizações internacionais de padronização devido aos custos muito onerosos, complexidade de execução e retorno imediato não evidente.

4.11 Referência (*benchmarking*).

Como a empresa em questão trata-se de uma incorporadora, e, considerando que todas as etapas da obra foram terceirizadas por dezenas de equipes diferentes, atualizar-se sobre o que há de novo no mercado da construção civil, fazer *networking*, aprender

estratégias com as empresas referências no mercado da construção civil foi, de fato, algo muito observado na empresa.

4.12 Sugestões de melhorias.

Do ponto de vista dos princípios que foram propostos por Koskela (1992) e comparando às aplicações deles nesse estudo de caso, identificou-se que o empreendimento utiliza bem os princípios. Ainda assim, é possível sugerir alguns pontos que podem ser aprimorados:

A plataforma de gestão da empresa especializada em Planejamento dos Recursos (ERP) (mencionada no tópico 4.8) possui muitos recursos que não são utilizados. Dentre eles, encontra-se a ferramenta de Gestão de Qualidade. Sugere-se adquirir esse produto para utilizar as fichas de verificação de materiais (FVM) e fichas de inspeção de serviço (FIS) online.

A migração dos modelos físicos para os meios digitais proporciona economia de tempo e custos, além de gerar integração entre os módulos, facilidade de avaliação e consulta de fornecedores por diversos setores da empresa, armazenamento em nuvem e vantagens no longo prazo. Da forma que é utilizada atualmente, dificilmente o setor financeiro da empresa consultaria uma das fichas para informações quanto à atrasos constantes de entrega de materiais recorrentes de determinado fornecedor, por exemplo.

A segunda sugestão é a implementação do Método 5S, descrito em 2.5.5.1. Esse programa melhoraria as aplicações dos princípios em um todo, pois geraria estabilidade para que o *Lean Construction* possa ser mais efetivo no fluxo contínuo, especialmente no que diz respeito a busca de desenvolvimento ao aprimoramento comportamental e melhoria cultural, interpessoal e empresarial.

Com relação à melhoria contínua, descrita no Tópico 4.9, sugere-se a implementação descrita por Lorenzini (2018): A prática de boas idéias para os funcionários da obra. Consiste em premiar em R\$10,00 (dez reais) o funcionário que sugerir alterações que possam melhorar as atividades e o convívio no ambiente de trabalho. Foi observado que essa premiação representou um estímulo para o envolvimento entre os colaboradores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da comparação do referencial teórico apresentado e as ações observadas na gestão do empreendimento, foi possível identificar quão amplamente os princípios criados pela *Toyota* e adaptado por Koskela (1992) para a construção civil estão presentes.

De fato, uma edificação de grande porte requer que princípios industriais de gestão e qualidade sejam aplicados, uma vez que devidos aos seus 32 pavimentos, uma metodologia de construção industrial é condizente, devido à alta repetição de procedimentos.

Apesar disso, as ferramentas mencionadas podem ser aplicadas a obras de pequeno porte e também residenciais, uma vez que o planejamento e gestão de obras têm sido cada vez mais utilizados para reduzir desperdícios e custos, aumentar eficiência, melhorar produtividade e gerar maior controle nos processos.

Vale ressaltar que a maior parte dos princípios apresentados não possuem um embasamento puramente científico, mas principalmente empírico. E que, suas soluções podem ser utilizadas inclusive para pequenos escritórios de engenharia, ou até outras profissões, já que sua implantação é principalmente de caráter cultural e organizacional.

Com relação a sugerir melhorias, conclui-se que as sugestões desse trabalho seriam de maior efetividade caso fosse realizada um acompanhamento diretamente no canteiro de obras, pois seria possível vivenciar também as deficiências cotidianas do canteiro. Essa foi a maior dificuldade do estudo, uma vez que o número de visitas no canteiro de obras foram baixas e ficou reduzida à área de planejamento.

De acordo com este estudo de caso realizado, conclui-se que o objetivo deste trabalho foi alcançado. Como sugestão de trabalhos futuros, propõe-se a implementação desses princípios em construções residenciais e edifícios de pequeno porte, especialmente no que se refere a controle nos processos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIUM. **Boas práticas para implantação do Programa 5S**. 2018. Disponível em: <<https://www.aliumconsultoria.com.br/post/boas-pr%C3%A1ticas-para-implanta%C3%A7%C3%A3o-do-programa-5s>>. Acesso em: 12 nov. 2021.

ARANTES, P. C. F. G. **Lean Construction – filosofia e metodologias**. 2008. 81 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

BCN Treinamentos. **Aprenda como fazer um cronograma físico financeiro**. Disponível em: <https://blog.bcntreinamentos.com.br/aprenda-como-fazer-um-cronograma-fisico-financeiro/> Acesso em: 20 nov. 2021.

CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Falta e alto custo de insumos segue como o principal problema enfrentado pelos empresários da construção**. 2021. INSS 2317-7322. Ano 12, Número 6. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/07/sondagemindconstrjun2021.pdf>>. Acesso em 19 out. 2021.

CASTRO, C. L. F.; BORGES, M., R. **Aplicação e controle da técnica da linha de balanço no planejamento de obra vertical**. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

FERREIRA JÚNIOR, G. **Lean construction: caso de aplicação na construção de um edifício residencial**. 2018. 58p. Monografia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2018.

FORMOSO, T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Porto Alegre. 2011. Apostila do curso de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

GONÇALVES, L. S. **Análise da aplicação dos conceitos de lean construction em um edifício localizado na cidade de Toledo-PR**. 2019. 67 p. Monografia – Universidade Tecnológica do Paraná, Toledo, 2019.

GONÇALVES, P. G. F. **Estudo e análise da metodologia Lean Construction**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CNAE F4120-4/00**. 2010. Disponível em: <<https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?view=secao&tipo=cnae&versao=10&secao=F>>. Acesso em 19 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/varginha/panorama>>. Acesso em: 10 out. 2021.

JAMES-MOORE, S.; GIBBONS, A. *Is the manufacture universally relevant? An investigation methodology*. **International Journal of Operation & Production**. v. 17, n. 9, 1997.

JOHNSTON, D. W. **Linear scheduling method for highway construction**. *Journal of the Construction Division*, v.107, n 2, p.247-261, 1981.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. 81 p. University of Standford, EUA, 1992.

LORENZINI, L, G, P, V. **Análise da aplicação da filosofia “lean construction” em obra de edifício de alto padrão na cidade de São José dos Campos**. 2018. 31 p. Monografia - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2018.

LEAN INSTITUTE BRASIL. *Just in time (JIT)*. *The Lean Global Network Journal*. 2009. Disponível em: <[https://www.lean.org.br/artigos/364/just-in-time-\(jit\).aspx](https://www.lean.org.br/artigos/364/just-in-time-(jit).aspx)>. Acesso em: 10 out. 2021.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **O que é Lean**: definições e aplicações. 2019. Disponível em: <[https://www.lean.org.br/artigos/364/just-in-time-\(jit\).aspx](https://www.lean.org.br/artigos/364/just-in-time-(jit).aspx)>. Acesso em: 10 out. 2021.

LOSEKANN, G. **O que é Linha de Balanço**. Prevision. 17 de julho de 2020 Disponível em: <<https://www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/>>. Acesso em 05 nov. 2021.

MARTINS, B. C. F., MIRANDA, V. A. M. **Cronograma físico financeiro em obras de edificação**. Núcleo de Pesquisa Institucional. Centro Universitário de Itajubá – FEPI. Itajubá, 2016.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 2 ed. Compacta. São Paulo: Atlas, 2012.

MONDEN, Y. *Toyota Production System*. 4rd ed. New York: Taylor & Francis Group, LLC. 2012.

NAHMENS, I.; IKUMA, L. H. *Effects of Lean Construction on sustainability of modular homebuilding*. *Journal Of Architectural Engineering*, New York, v. 18, n. 2, p. 155-163, jun. 2012.

OLIVEIRA, A. F. A. **Análise da metodologia lean construction em um edifício residencial no município de Anápolis**. 2019. 52p. Monografia – UniEvangélica, Anápolis, 2019.

PRETEL, F. F. **Desenvolvimento do cronograma físico-financeiro para um empreendimento da construção civil**. 2021. 88 p. Monografia. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SALEM, O.; SOLOMON, J., GENAIDY, A.; MINKARAH, I. *Lean Construction: from theory to implementation*. *Journal Of Management In Engineering*, New York, v. 22, n. 4, p. 168-175, out. 2006.

SARCINELLI, W. T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. 2008. 80 p. Monografia (especialista em construção civil). – Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Lean construction**: uma mudança necessária. Boletim de inteligência, ago. 2016. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/915da34f0af2e4e29793825ac33833bf/\\$File/7252.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/915da34f0af2e4e29793825ac33833bf/$File/7252.pdf)> Acesso em 10 out. 2021.

SIENGE. **Afinal, o que é Sienge na prática?**. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/sienge-erp-para-construcao-civil/>> Acesso em: 09 nov. 2021

SILVEIRA, B. A. **Lean Construction: Verificação da implementação dos princípios em obras verticais no município de São Paulo – SP**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO PARANÁ. **Dirigente do sindicato da indústria da construção civil denuncia aumento elevado dos materiais para obras e serviços públicos e provados**. 2020. Disponível em: <<https://www.sindusconpa.org.br/noticia.php?id=553>>. Acesso em: 8 out. 2021.

SMALL, E. P.; HAMOURI, K. Al; HAMOURI, H. **Examination of opportunities for integration of Lean principles in construction in Dubai**. *Procedia Engineering, Amsterdam*, v. 196, p. 616-621, 2017.

SOUZA, B. C. de; CABETTE, R. E. S. **Gerenciamento da construção civil: estudo da aplicação da “lean construction” no Brasil**. *Revista de Gestão e Tecnologia*. 6 p. UNISAL, Lorena, 2014.

TERZONI. **Pilares do Lean – Casa Toyota**. Disponível em: <<https://terzoni.com.br/leanblog/pilares-do-lean/casa-lean-copy/>> Acesso em: 12 nov. 2021.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

VALENTE, C. C.; AIRES, V. M. **Gestão de projetos e lean construction**: Uma abordagem prática e integrada. Curitiba: Appris, 2017.

WOMACH, J. P. JONES, D., T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your Corporation**. *New York: Simon and Shuster, 1996*.

WOMACH, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 14 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

YIN, R. **Estudo de caso**: Planejamento e métodos. 2ª edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2001.

ANEXO A
Ordem de serviço laje pré moldada – Adaptada.

O.S. - Ordem de Serviço		Laje pré-moldada		Obra	
Local:			Programação		
Área	UN.	QUANT.	DATA DO INICIO DA OS	PREVISTA	REALIZADA
			DATA DO TERMINO DA OS	PREVISTA	REALIZADA
			Responsáveis		
			EMPRESA TERCEIRIZADA		
				Visto (início)	Visto (Término)
			ENCARREGADO TERCEIRO		
			ENCARREGADO VIA (Supervisão)		
VALOR TOTAL DA OS					

Descontos ou acréscimos	Motivos

Recebimento do serviço		
_____	_____	_____
Mestre de Obras	Engenheiro	Responsável

Ficha de Inspeção de serviço para laje pré moldada – Adaptada.

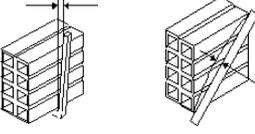
FICHA DE INSPEÇÃO DE SERVIÇO	Laje pré-moldada	Obra
-------------------------------------	-------------------------	-------------

Local da Inspeção:				ÁREAS DE INSPEÇÃO	DATA INÍCIO	A - Aprovado; R - Reprovado								DATA FIM
Inspeccionado por:						1		2		3		4		
Abertura da FIS: ____/____/____ Fechamento da FIS: ____/____/____						A	R	A	R	A	R	A	R	
Nº	Item de inspeção	Método de Verificação	Resultados e tolerâncias											
1	Condição para início	Inspeção visual.	Paredes de alvenaria concluídas, respaldos executados											
2	Acabamento e nível do topo das fôrmas de borda	Medição com nível a laser	Formas de borda alinhadas											
3	Acabamento da superfície da laje	Inspeção visual	Superfície alinhada											
4	Terminalidade e limpeza	Inspeção visual	Serviço concluído, área limpa											

Ocorrência de Reprovação: Preencher os campos abaixo				
N.º	Descrição do problema	Correção	Resp. Reinspeção	Data

ANEXO B

Ficha de verificação de material. – “Continua”.

Sistema de Gestão da Qualidade		MATERIAL: BLOCO CERÂMICO () ESTRUTURAL () VEDAÇÃO				
FVM Ficha de Verificação de Materiais						
OBRA:		ASSINATURA RESPONSÁVEL PELA VERIFICAÇÃO:				
Fornecedor/Fabricante:						
<i>Nº Contrato: Nº PC / OC:</i>		Data:	Data:	Data:		
		Nº NF:	Nº NF:	Nº NF:		
		Quant.:	Quant.:	Quant.:		
DESTINO DO MATERIAL						
(1) Diferença de quantidade						
(2) Aspecto geral						
(3) Dimensão média		C= L=	C=	C=		
		L= H=	L=	L=		
		H=	H=	H=		
(4) Espessura da parede (anotar no verso as espessuras medidas)						
(5) Planeza e esquadro (anotar no verso as medidas)						
						
Aprovação		() SIM () NÃO	() SIM	() NÃO	() SIM () NÃO	() ()
Avaliação do fornecedor	prazo	() BOM () RUIM	() BOM	() RUIM	() BOM () RUIM	() ()
	atendimento	() BOM () RUIM	() BOM	() RUIM	() BOM () RUIM	() ()
Responsável pelo recebimento						
Disposição:						
Tamanho do lote	Tamanho da amostra	Inspeção	Equipamento	Critério de aceitação / Tolerância		
cada entrega (1 caminhão)	toda a carga	(1) Conferir a quantidade de blocos entregue.	-	Aceitar o lote, as diferenças de quantidade devem ser informadas ao		

				fornecedor para reposição ou desconto.
		(2) Verificar a uniformidade de cor, presença de trincas, quebras, empenamento e furos. Verificar, na superfície do bloco, a marca do nome do fabricante e as dimensões do bloco.	-	Segregar peças defeituosas.
	10 blocos	(3) Medir o comprimento, largura e altura médios dos 10 blocos dispostos em fila.	trena metálica	Aceitar ± 3 mm para o comprimento, largura e altura das dimensões do pedido. Rejeitar o lote caso contrário.
		(4) Medir a espessura da parede dos blocos.	trena metálica	Deve ser maior que 7 mm. Critério de aceitação conforme quadro abaixo*.
		(5) Medir a planeza e esquadro dos blocos.	régua metálica e esquadro	Desvio máximo de 3 mm. Critério de aceitação conforme quadro abaixo*.
		<p>*Resultado: - até 2 peças defeituosas: aceitar o lote; - 3 ou 4 peças defeituosas: adicionar mais 10 peças à amostra e repetir a verificação; - mais de 4 peças defeituosas na 1ª amostragem: rejeitar o lote; - mais de 6 peças defeituosas na 2ª amostragem: rejeitar o lote.</p>		
TAM – Tabela de Armazenamento e Manuseio de Materiais				
Condições Gerais			Condições Específicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Armazenar os blocos sobre terreno plano e separado por tipo, sem contato direto com o solo, por meio de um lastro de brita ou qualquer outro material semelhante. • Em caso de chuva intensa cobrir as pilhas com lonas plásticas. <ul style="list-style-type: none"> • No caso de recebimento de blocos paletizados, somente é permitido o empilhamento máximo de dois palletes. 			<p><i>Blocos cerâmicos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilhas não superiores a 10 fiadas. 	

Fonte: Adaptado pelo autor (2021).