

## **Análise dos onze princípios da *Lean Construction* no canteiro de obras e propostas de melhorias**

**Caroline Barbosa de Santana; Guilherme Rocha; Michelle Thais Silva; Patrick Alves de Souza**  
**Orientadora: Prof. Tathiana Moratti**

**Resumo:** O desenvolvimento de um ambiente produtivo onde a eliminação dos desperdícios e a consideração da necessidade em agregar valor ao produto final de maneira mais rápida e eficiente, fizeram com que a aplicação da filosofia *Lean* em obras de Construção Civil quebrasse antigos paradigmas neste setor. Também conhecida como *Lean Construction*, a aplicação de seus princípios já apresenta resultados no que tange à redução de custos de produção, menores efetivos de mão de obra e redução de prazos, aliados a um produto de maior qualidade. O presente artigo tem como objetivo mensurar o nível de aplicação da filosofia *Lean* em um empreendimento residencial de múltiplas torres localizado na cidade de São Paulo/SP e propor sugestões de melhorias aos aspectos negativos percebidos. A partir desta pesquisa de natureza qualitativa, com abordagem avaliativa e analítica, realizou-se observações diretas no canteiro de obras, além da aplicação de um questionário com o intuito de constatar o nível de aplicabilidade da filosofia *Lean*. Como resultado foram preparadas estratégias que pudessem aperfeiçoar a produção através da aplicação das ferramentas Relatório A3 e Cronoanálise, focadas em reduzir atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo e focar no controle do processo global. Conclui-se então que a filosofia *Lean* auxiliou no reconhecimento dos princípios negligenciados e na definição de estratégias pontuais e integradas.

**Palavras-chave:** Construção enxuta, Onze princípios da construção enxuta, Gestão da produção, Questionário, Ferramentas.

## **Analysis of the eleven principles of *Lean Construction* at the construction site and proposals for improvements**

**Abstract:** The development of a productive environment where the elimination of waste and the consideration of the need to add value to the final product in a faster and more efficient way, made the application of the *Lean* philosophy in Civil Construction works to break old paradigms in this sector. Also known as *Lean Construction*, the application of its principles already shows results in terms of reducing production costs, lower manpower and reduced deadlines, allied to a higher quality product. This article aims to measure the level of application of the *Lean* philosophy in a multi-tower residential development located in the city of São Paulo/SP and propose suggestions for improvements to the perceived negative aspects. From this qualitative research, with an evaluative and analytical approach, direct observations were carried out at the construction site, in addition to the application of a questionnaire in order to verify the level of applicability of the *Lean* philosophy. As a result, strategies were prepared that could improve production through the application of the A3 Report and Chronoanalysis tools, focused on reducing activities that do not add value, reducing cycle time and focusing on controlling the global process. It is then concluded that the *Lean* philosophy helped in the recognition of neglected principles and in the definition of punctual and integrated strategies.

**Keywords:** Lean construction, Eleven principles of lean construction, Production management, Questionnaire, Tools.

### **1. Introdução e Justificativa**

A *Lean Production* também conhecida como produção enxuta (enxugar ou diminuir) nos anos 50 teve seu desenvolvimento pela empresa Toyota para otimização da produção e agregação de valor para seus clientes. Essa ideologia possui conceitos e princípios inovadores aplicados à indústria automotiva (OHNO, 1997).

No que diz respeito à construção civil o principal marco para o progresso dessa filosofia foi o trabalho de Lauri Koskela “*Application of the new production philosophy in the construction*” publicado em 1992, onde apresenta onze princípios para reduzir atividades que não agregam valor, reduzem o tempo de ciclo e constroem melhorias contínuas nos processos realizados. Seu objetivo principal é aumentar a produtividade e eficiência através da redução de desperdícios, gargalos, tempos de espera e superprodução (KOSKELA, 1992).

Com a decadência do setor da construção civil por conta da crise de 2014 e junto da incerteza criada pela pandemia em 2019/2020, o mercado da construção civil se tornou carente de processos que minimizem os preços e aumentassem a qualidade do produto final (BRASIL, 2020).

Com a carência de conceitos inovadores e filosofias de inserção de novos processos para sair de uma gestão enraizada e tradicional na construção civil, as empresas buscaram por otimização de tempo, maior lucro e qualidade, com uma visão voltada às necessidades do cliente (PONTELLO; OLIVEIRA, 2020).

Devido à procura por ferramentas que se preocupam com a sustentabilidade e trabalham para reduzir as atividades que não agregam valor e aumentam a produtividade, a *Lean Construction* é um caminho para despertar o interesse de gestores e auxiliar a enxergar o que de fato gera prejuízo (PÁDUA, 2014).

## 1.1 Objetivos (Geral e específicos)

O objetivo geral do trabalho é avaliar e analisar a aplicação dos onze princípios da *Lean Construction* em um canteiro de obras em um empreendimento residencial de múltiplas torres localizado na cidade de São Paulo/SP. Para cumprir o objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos descritos a seguir:

- Aprofundar o conhecimento dos onze princípios da *Lean Construction*;
- Aplicação de um questionário com o intuito de constatar o nível de aplicabilidade da filosofia *Lean* presente no canteiro;
- Diagnosticar os princípios já implementados e aqueles que ainda não foram consideradas na obra;
- Evidenciar potenciais aspectos e sugestões de melhorias de etapas específicas.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção (STP)

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, a indústria automobilística japonesa passou a apresentar diversas dificuldades. Segundo Womack *et al.* (2004), devido a essa crise, uma parcela considerável da mão de obra da empresa japonesa Toyota teria que ser demitida. Consequentemente a Toyota ficou com escassez de recursos para investir diante dos seus concorrentes internacionais.

Segundo Womack *et al.* (2004), enquanto que em treze anos de funcionamento a Toyota teria produzido um total de 2.685 automóveis em todo o período, as montadoras americanas de automóveis produziam diariamente 7.000 unidades. Com a discrepância na produção

automobilística comparado com os Estados Unidos, os japoneses precisavam desenvolver algum sistema de produção que superasse a superprodução dos americanos.

Diante dessa carência por produção sem a perda da qualidade, os engenheiros mecânicos Eiji Toyota e Taiichi Ohno defenderam uma mudança nos conceitos e filosofias da época, a partir a eliminação de etapas que não agregavam valor ao produto final, aumentavam a qualidade, tanto dos trabalhadores, quanto do produto e para isso, entenderam que o planejamento deveria andar de mãos dadas com a produção (VALENTE *et al.*, 2017).

Devido a esse conceito criado pela Toyota, a mesma buscou tornar clara a segregação das atividades que não agregavam valor das atividades que geravam valor. Tendo como premissa a diminuição do desperdício e criação de valor para o cliente final (LIKER, 2005).

Depois de todo esforço e dedicação para implantação do sistema foi criada então, a filosofia do pensamento enxuto. Como resultado, obteve-se significativa redução de desperdícios com a integração da construção enxuta e da sustentabilidade (KORANDA *et al.*, 2012).

## **2.2 Aplicação da produção enxuta na construção civil**

A *Lean Construction* é uma adequação da filosofia *Lean* e o emprego dos seus princípios na construção civil proporciona reconhecer atividades que motivem quebras no fluxo do trabalho, sendo atividades que não agregam valor e empenha-se em minimizá-las para evitar desperdícios (COELHO, 2009).

A *Lean Construction* tem como objetivo principal conter essas atividades mediante as quais os processos são desenvolvidos e os desperdícios sofrem considerável diminuição através do aprimoramento de algumas atividades e remoção de outras (REIS, 2004). Com a intenção de diminuir os desperdícios presentes, Reis (2004) recomenda analisar as atividades de fluxo desde o começo do processo, de uma forma completa e aprofundada para garantir melhores resultados.

De acordo com Koskela (1992), um modelo de produção concebe-se de atividades de conversão (processo de transformação do material em produto) e fluxo (movimentação de material, troca de ferramentas, tempo de espera). Da mesma forma que todas as atividades possuem custos e usufruem de tempo, somente as atividades de conversão agregam valor ao produto final.

Na construção civil as fábricas não são fixas e a produção troca de localização a cada empreendimento. A gestão da construção modifica com o tempo, há grande rotatividade de trabalhadores, os projetos são únicos e contém baixa repetitividade se contrapostos a indústria (BARROS NETO; ALVES, 2008).

Para Koskela (2000) um dos conceitos fundamentais da *Lean* é o fluxo contínuo. Esse fundamento é difícil de ser aplicado na construção civil, uma vez que os métodos de produção na construção civil são determinados por diversas interrupções provocando diversos tipos de desperdícios e utilizando recursos de maneira inadequada. O autor descreve o fluxo contínuo como sendo a produção de uma peça de cada vez (ou um pequeno lote de produtos), no qual cada item sai de um processo a outro sem pausas.

## **2.3 Princípios da *Lean Construction***

A fim de desenvolver as devidas peculiaridades do setor com sucesso, Koskela (1992) sintetizou os conceitos da filosofia *Lean* na forma de princípios, a fim de empregá-los no setor da construção e os convertendo na filosofia *Lean Construction*, com o objetivo de reduzir as perdas e custos, promover a qualidade dos produtos e incentivar uma melhor gestão dos processos, estabelecidos a seguir:

**1) Redução de atividades que não agregam valor.** Segundo Koskela (1992), sempre que uma atividade é dividida em duas subtarefas que serão executadas por diferentes especialistas, as mesmas não agregam valor, o que resulta em aumento de inspeção, movimentação e espera.

**2) Melhorar o valor do produto através das considerações sistemáticas requeridas pelos clientes.** Agregar valor significa compreender expectativas do cliente, sendo assim, o crescimento do valor pode ser alcançado após identificar as necessidades dos clientes internos e externos e de sua notabilidade no aperfeiçoamento do produto e na gestão da produção (CARVALHO, 2013).

**3) Reduzir a variabilidade.** Para reduzir a variabilidade dos processos, há o ponto de vista do cliente em relação a um produto uniforme e a padronização por uma qualidade melhor do produto. Processos de produção variam, porém quanto mais variabilidade existir, maior será a quantidade de atividades que não agregam valor, aumentando o número de produtos não uniformes. Formoso (2000) cita diversos tipos de variabilidade, como a variabilidade dos fornecedores do processo, variabilidade da execução do processo e a variabilidade relacionada às necessidades dos clientes.

**4) Reduzir o tempo de ciclo.** Na visão de Bernardes (2003), o tempo de ciclo é um dos princípios mais úteis e universais na formação do valor do produto final e no custo da produção. Ele é composto por diversos processos, tais como: de processamento, de inspeção, de espera e de movimentação. Ou seja, é o tempo necessário para que uma peça percorra o fluxo. A redução das atividades que não agregam valor consiste em uma das principais formas de reduzir esse ciclo.

**5) Simplificar e minimizar o número de passos e partes.** Segundo Bernardes (2001), quanto maior for o processo, maior a possibilidade da presença de atividades sem valor agregado. A simplificação dos processos pode vir através de redução de componentes nos produtos, redução do número de projetos ou adição de peças pré-fabricadas, alternativas disponíveis no mercado.

**6) Melhorar a flexibilidade do produto.** A aplicação desse princípio pode ocorrer na diminuição do tamanho dos lotes ou até no uso de mão de obra polivalente sem necessariamente aumentar o valor final do produto. Formoso (2002) ressalta que a qualificação da mão de obra com treinamento e a customização do produto no tempo possível e na utilização de processos construtivos permitem a flexibilidade sem grande ônus para a produção.

**7) Melhorar a transparência do processo.** A implantação da transparência nos processos de produção serve como incentivo aos funcionários e há a tendência de exibir os pontos a serem seguidos e descartá-los dos processos realizados. Dessa forma, o trabalho é facilitado e identificadas com mais clareza, as possíveis melhorias nos processos. Sugere-se também o emprego de indicadores de desempenho e sinalização, bem como a implantação de programas de melhorias, de organização e limpeza. (ISATTO *et al.*, 2000). Na visão de Moyano-Fuentes e Sacristán-Díaz (2012), isso é possível ao se estabelecer o uso das ferramentas *housekeeping* e 5S, tornando o processo diretamente observável por meio de *layout* e de processos visuais, como o VSM (*Visual Stream Mapping*).

**8) Focar o controle do processo global.** O planejamento do processo como um todo, durante uma obra, é essencial para o sucesso e organização da mesma. Focar no controle do processo global permite identificar e corrigir possíveis desvios que venham interferir no prazo de entrega da obra. Há pelo menos dois pré-requisitos para focar o controle sobre o processo completo. Primeiro, o processo tem que ser

medido e, segundo, deve haver uma autoridade responsável pelo processo completo do sistema hierárquico de controle (KOSKELA,1992).

**9) Introduzir a melhoria contínua do processo.** A introdução de melhorias contínuas nos processos adotados é essencial para a implementação do *Lean Construction*. O esforço em buscar melhorias que aumentem o valor do processo e diminuam o desperdício, deve ser realizado de forma incremental e iterativa, tais como o estabelecimento de metas e apresentação de propostas para atingi-las. Os esforços em prol da redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa (BERNARDES, 2003). Esse princípio costuma ser implementado por meio do departamento de planejamento, programação e controle da produção. Segundo Shingo (1996) o uso das ferramentas de qualidade para estimular a aplicação do *kanban*, *housekeeping*, 5S e *kaizen* reflete boas práticas de trabalho, visando procurar melhores caminhos, utilizando procedimentos padronizados com atribuição de responsabilidades para a melhoria.

**10) Balancear o fluxo com a melhoria das conversões.** O balanceamento do fluxo com a melhoria das conversões estão intimamente ligadas, visto que os melhores fluxos precisam de uma menor capacidade de conversão e requer um menor investimento em equipamentos. Pensando no outro lado, fluxos mais flexíveis tornam mais fácil a implementação de novas tecnologias, as quais podem trazer reduções na variabilidade do produto. Segundo Isatto *et al.* (2000), as melhorias de fluxo têm maior impacto em processos complexos. Em geral, requerem menores investimentos, sendo fortemente recomendados no início de programas de melhoria. As melhorias no processamento (conversão), por sua vez, são mais vantajosas quando existem perdas inerentes à tecnologia sendo utilizada, sendo os seus efeitos mais imediatos. Um bom fluxo necessita de menor capacidade nas atividades de conversão e a aplicação desse princípio depende muito da consciência por parte da gerência de produção da necessidade de atuar em ambas as frentes (ISATTO *et al.*, 2000).

**11) Benchmarking (estabelecer referências de ponta).** O *benchmarking* nada mais é do que buscar referências de ponta adotadas por outras empresas, as quais são consideradas líderes em um aspecto específico de produção de determinado segmento. De acordo com Bernardes (2003), os passos básicos de *benchmarking* incluem o seguinte: conhecer o processo, avaliando os pontos fortes e fracos de seus subprocessos; reconhecer os líderes da indústria ou seus concorrentes; encontrar, identificar, entender e comparar as melhores práticas dos concorrentes, mensurando como indicadores e incorporando aos melhores.

## 2.4 Ferramentas Lean

A ampliação da eficiência do trabalho de forma significativa acontece quando se consegue realizar a produção sem desperdício. Para isso, as equipes de produção precisam produzir somente a quantidade necessária. O correto seria definir uma capacidade total sem excedente por estar diretamente relacionada aos custos de produção (OHNO, 1997).

Segundo Ohno (1997), a eliminação do desperdício é fundamental para o desenvolvimento da *Lean Construction*. Para aplicação dos conceitos sobre a filosofia *Lean*, foram estudadas duas ferramentas que complementam o uso do pensamento enxuto.

### 2.4.1 Cronoanálise

Em busca de determinar um padrão nos processos construtivos, com intuito de analisar, planejar e verificar o desempenho da atividade, a cronoanálise fornece dados para balanceamento da produção e planejamento de processos (MARTINS *et al.* 2005).

O ambiente da construção civil é um local com constantes adaptações e mudanças, buscando sempre novos processos e técnicas de operação que auxiliem na produção (CONTADOR, 2003).

A técnica da cronoanálise pode ser vista como uma manutenção ou uma melhoria dos processos operados em rede, é uma ferramenta estratégica que visa a obtenção da sustentação das vantagens e é muito utilizada como ferramenta de definição dos processos (MILNITZ, 2018).

Um estudo realizado por Frank Gilberth, que visava a caracterização da movimentação do corpo durante uma operação, o estudo tinha 2 objetivos básicos que eram primeiro eliminar movimentos desnecessários e em segundo determinar a melhor sequência dos movimentos para obtenção da melhor produtividade (MOREIRA, 2011).

O resultado desse estudo é um processo produtivo, com menos recurso utilizado e menor custo unitário do produto (CONTADOR, 1998).

- **Estudos dos tempos**

Uma produção requer um estudo dos tempos, em que estes são influenciados pelo tipo de fluxo do material dentro da empresa, processo utilizado, tecnologia aderida e características do trabalho analisado. Os processos que possuem grande influência humana, acabam sendo mais relevantes no resultado do estudo e conseqüentemente aumentará a eficiência da produção (MARTINS *et al.* 2005).

Para determinação do tempo padrão de uma operação, há dois tipos de tempos que devem ser determinados: o tempo real e o tempo normal (MOREIRA, 2011).

O tempo real é aquele que é feito exatamente quando é feita a operação. Esse tempo é obtido a partir da cronometragem do processo, acompanhando o trabalhador a todo momento em seu trabalho, quando esse tempo é comparado com outro trabalhador ou até mesmo com algo que diferente do habitual ele se diferencia. Por conta desses motivos é crucial que haja uma quantidade substancial das medidas coletadas para se obter o tempo real. De acordo com Moreira (2011), quando se determina o tempo real, são aplicadas sobre ele algumas medidas de correção que resultará no tempo normal.

O tempo determinado para que o operador realize uma operação completa com velocidade normal é denominado tempo normal. Por sua vez, a velocidade normal pode ser obtida medindo a eficiência do trabalhador durante um dia típico de trabalho. A eficiência de 100% é determinada para um operador mediano, para um operador que realiza em menor tempo estipulado pelo tempo normal pode-se dizer que o mesmo é um operador com eficiência superior a 100% (MOREIRA, 2011).

- **Determinação do modelo de cronoanálise**

A cronoanálise foi determinada seguindo os passos fundamentais definidos por Barnes (1977): determinar o tempo padrão de operação, avaliar o ritmo do operador, determinar os ciclos a serem cronometrados, observar e registrar o tempo gasto pelo operador, dividir a operação em elementos, obter e registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo.

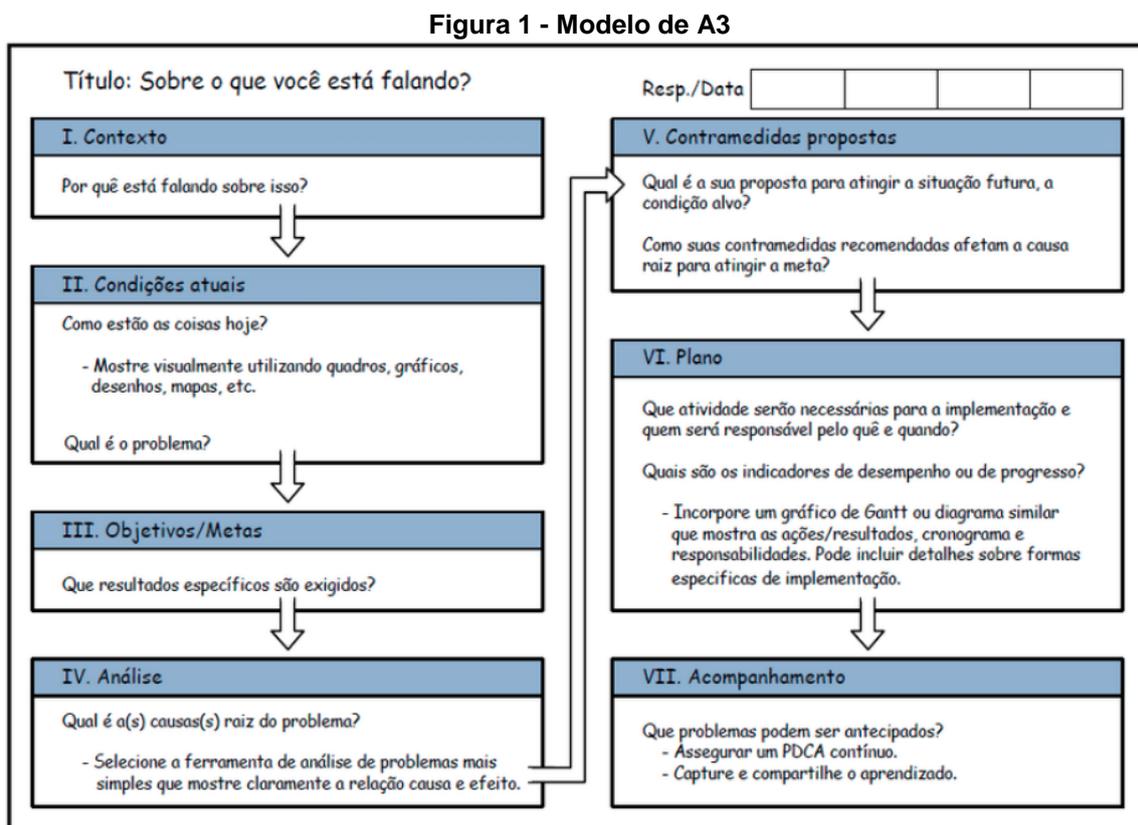
## 2.4.2 Relatório A3

O relatório A3 é um instrumento muito utilizado na criação de contramedidas eficientes baseadas em fatos (SHOOK, 2008). Essa concepção ajuda no entendimento mais profundo da adversidade fazendo uso de ferramentas como PDCA e orienta como solucionar os problemas (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

Segundo Shook (2008), o relatório A3 visa a obtenção da meta definida por meio da observação da realidade e propõem as melhores contramedidas para realizar um acompanhamento do processo e ajuste.

O nome A3 faz menção às dimensões da folha utilizada para realização do processo. O objetivo do A3 é documentar e evidenciar em apenas uma folha A3 os passos do PDCA (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

O A3 pode ser alterado em diversas questões como *layout*, ênfase e estilo, porém ele não pode perder a sua proposta original de ligar o problema à sua causa raiz e as suas propostas para resolução do problema, retratado na Figura 1 um modelo de A3.



Fonte: Shook (2008)

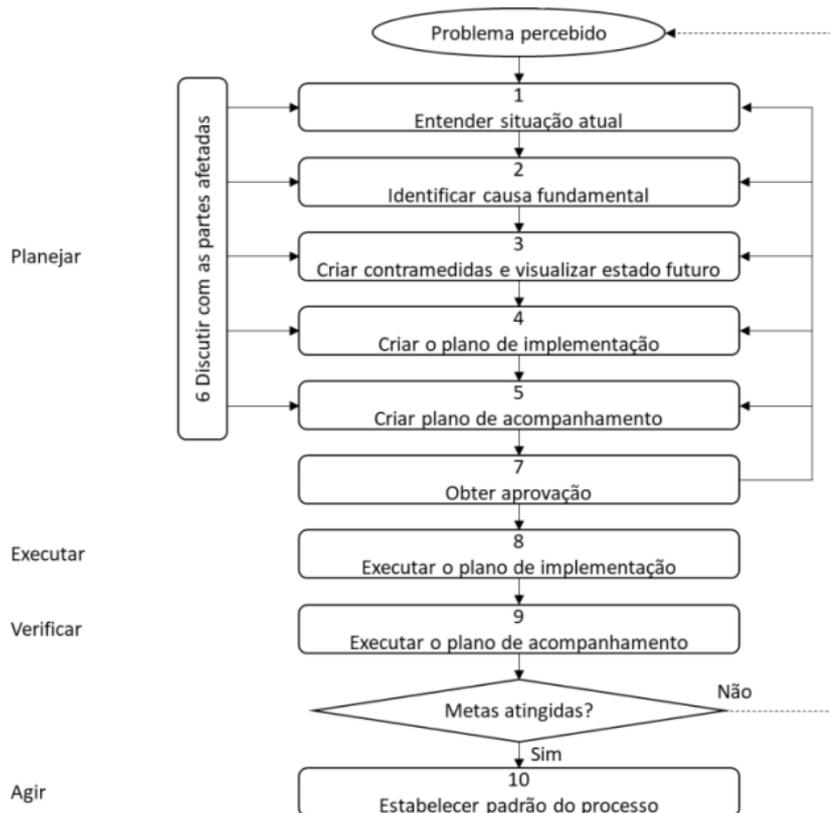
Segundo Shook (2008), o A3 deve ser facilmente entendido e ter uma narrativa convencional na forma de comunicar a veracidade e os conceitos, o A3 deve narrar uma história a fim de que qualquer pessoa consiga entender, abrangendo, início, meio e fim.

Um desenvolvimento geral evidenciando as adversidades com base em análises e procuras na Toyota, auxiliaram Sobek II e Smalley (2010) na criação do que se chama de A3, como ilustrado na Figura 1.

O processo do A3 tende a ser iterativo, por conta dos passos serem repetidos sempre que necessário, ou para adaptações por problemas que surgiram em fases subsequentes.

As sequências também podem receber modificações devido à origem do problema citado. Na Figura 2, por exemplo, sendo os 7 primeiros itens em planejamento e assim necessitando de adaptações ao longo das fases. Para que o processo se torne algo padronizado os resultados precisam ser satisfatórios quando finalizar o passo Agir, senão o processo se reiniciará (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

**Figura 2 - Processo de solução prática de problemas**



**Fonte: Sobek II e Smalley (2010)**

Em seguida é expressida uma explicação sobre cada item:

- **Problema percebido**

De acordo com Shook (2008), o primeiro passo de uma melhoria é teoricamente para a solução do problema é entender sua natureza e organizar metas que de algum modo se relacionam com a maneira que a tarefa foi projetada e será executada.

A importância de caracterizar todas as informações pertinentes é fundamental para a compreensão do problema. Algumas perguntas podem ser utilizadas como base, tais como: porque o problema é relevante para o intuito da organização, quais as partes comprometidas, ou qualquer outra informação que seja significativa para a compreensão inicial (SOBEK II e JIMMERSON, 2004).

- **Entender a situação atual**

Nesta etapa o objetivo do responsável é elucidar o problema descoberto. Para isso se faz necessário ir até onde ocorreu o problema e descrever o local. Para Shook (2008), é considerada uma melhoria efetiva quando existe uma ênfase, fundamentado nas informações diretas das conjunturas atuais onde o trabalho é efetuado.

Depois de se localizar, o passo seguinte é a ilustração do sistema que demonstra o problema por meio de figuras, diagramas ou até mesmo a escrita para entendimento real da situação atual.

- **Identificar a causa fundamental**

Após a compreensão real do problema, o responsável tem como próximo seguinte verificar a causa raiz do problema, com frequência existem causas sucessoras à causa raiz, então regularmente faz-se o uso de técnicas para auxiliar nesse processo.

Uma das técnicas mais utilizadas para identificação da causa raiz é a técnica dos 5 Porquês. Essa técnica consiste basicamente em realizar a pergunta do porquê esse problema ocorre, assim encontrando a primeira causa do problema, refazendo esse procedimento quantas vezes forem necessárias, até encontrar a causa raiz do problema (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

- **Criar contramedidas e visualizar o estado futuro**

Nessa fase, o responsável pela solução do problema toma ações que são intituladas contramedidas para obter melhora do sistema, as quais são condições vigentes até que se ache uma melhor (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

As contramedidas são conduzidas para a causa fundamental do problema. O propósito é seguir para um estado ideal, proporcionando diretamente o que o cliente almeja, de maneira convicta, quando necessita, na quantidade exata e sem desperdício. Assim, com as contramedidas em mente, o autor elabora um diagrama para exemplificar o estado futuro do sistema (SOBEK II; JIMMERSON, 2004).

Para obtenção do que o cliente deseja o ideal é propor contramedidas dirigidas exatamente para a causa fundamental do problema, assim evitando desperdício e aumento de produtividade, tendo as contramedidas em mente, para demonstrar o estado futuro do sistema o responsável deve criar diagramas e ilustrações para solução da causa raiz (SOBEK II; JIMMERSON, 2004).

- **Criar o plano de implementação**

Para criação de um plano de implementação o responsável deve criar ações para chegar no estado futuro almejado, selecionar os líderes e o prazo da execução das atividades. Uma concepção muito utilizada é o 5W1H (em inglês, *who, what, when, why and how*) que traduzindo se diz: quem executará a atividade, o que será executado, quando será executado, porque está sendo executado e como será executado.

- **Criar o plano de acompanhamento**

Com o plano determinado, é essencial determinar como será averiguado se os resultados estão de acordo com os denunciados. Desse modo, consegue constatar se a implementação teve algum resultado e aprender com o resultado obtido a partir da implementação da contramedida (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

O plano de acompanhamento vem logo depois da implementação onde se vê necessária a verificação e acompanhamento dos resultados que estão sendo obtidos e se estão de acordo com o provisionado. Dessa forma é possível identificar a efetividade da implementação realizada anteriormente (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

- **Discutindo com as partes afetadas**

A discussão com o cliente para confirmar o maior alinhamento possível é necessária para o sucesso da implementação realizada, essa etapa ocorre a todo momento durante as etapas anteriores e deve ser compreensível o processo utilizado em sua elaboração (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

- **Obter aprovação**

O relatório A3 se torna essencial nessa etapa de aprovação do cliente, pois explicitam os processos de raciocínio do responsável pela implementação de um jeito simples, documentado e evidenciado em apenas uma A3. Além disso, o cliente consegue observar com objetividade o processo, bem como de forma profunda obter o entendimento conquistado (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

- **Executar o plano de implementação e acompanhamento**

Durante a execução do plano é relevante que seja executado da modo como foi planejado para proporcionar a averiguação das contramedidas implementadas. Por fim, se os resultados forem aceitáveis, a nova mudança é definida como padrão e se não forem aceitáveis, volta-se ao sistema antigo e a equipe retorna a solução de problemas para compreender por quê os resultados não foram aceitáveis e realizar as ações corretivas necessárias (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

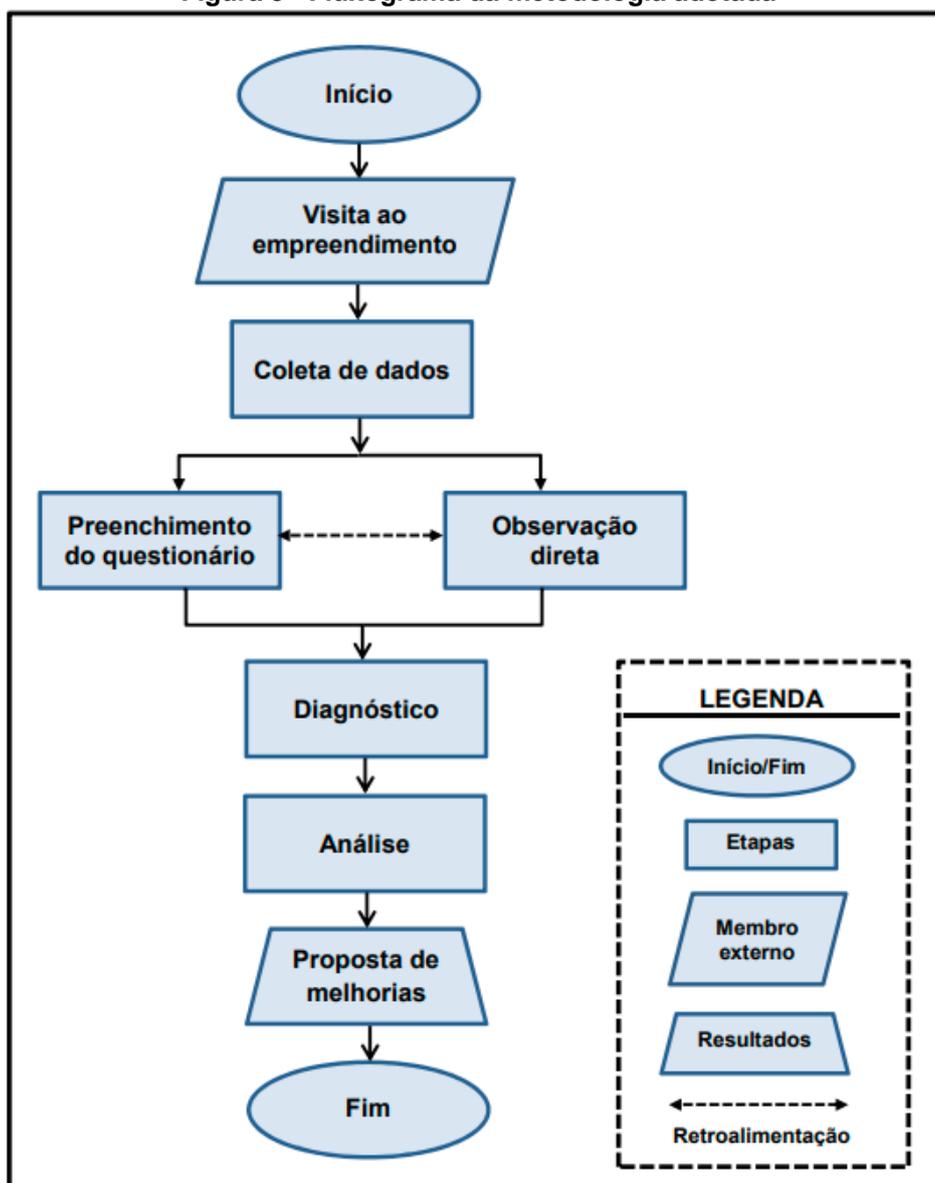
A fase final será a execução do plano de implementação e acompanhamento aprovados anteriormente da maneira como foi planejado para possibilitar a verificação das contramedidas implementadas. Se os resultados forem satisfatórios, a nova mudança se tornará padronizada e caso não atinja as expectativas e não for satisfatório, o responsável terá que retornar a fase da solução dos problemas para entender novamente o porquê os resultados não foram satisfatórios e realizar ações de correção necessárias (SOBEK II; SMALLEY, 2010).

### **3. Metodologia**

Esta pesquisa de natureza qualitativa fez uso de um estudo de caso como método para coleta de dados. Tendo como base o conhecimento dos onze princípios da *Lean Construction* e os processos construtivos no canteiro de obras, embasado nas principais fontes acerca do tema.

Para obtenção dessas informações realizou-se um acompanhamento em um empreendimento residencial de múltiplas torres localizado na cidade de São Paulo/SP. Essa escolha se deu em função do porte da obra e da disponibilidade para a coleta de informações acerca da metodologia *Lean* presente. A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo da metodologia.

Figura 3 - Fluxograma da metodologia adotada



Fonte: Autoria própria (2022)

### 3.1. Coleta de dados

A sede da construtora analisada no estudo de caso é caracterizada como uma empresa de grande porte e está situada na cidade de Belo Horizonte/MG. Com o objetivo de construir e incorporar empreendimentos residenciais com foco na classe média a nível nacional.

Esta empresa afirma aplicar a *Lean Construction* em seu processo construtivo além de utilizar também diversas ferramentas adaptadas da produção enxuta para as diferentes necessidades dos operários e da engenharia da obra.

Esta obra residencial tem o objetivo de entregar três torres, sendo duas torres com doze pavimentos e uma torre com 13 pavimentos, obtendo um total de 296 apartamentos. Seu prazo de entrega final da obra foi estabelecido para julho de 2023.

Em seu pico do quadro de funcionários a obra chegou a ter aproximadamente 100 pessoas trabalhando, contando com mão de obra própria e empreiteiros. No momento da visita teriam aproximadamente 70 funcionários trabalhando na obra.

Uma característica desta obra é a utilização do método construtivo de parede de concreto para as torres, que garante uma boa velocidade de execução comparado ao método convencional ou alvenaria estrutural, obtendo maior garantia no cumprimento do prazo final da obra.

### 3.2. Diagnóstico

A coleta de dados sobre a organização e processo produtivo da obra foi o primeiro passo para se estabelecer uma análise e criar uma avaliação da mesma. A coleta dessas informações foi realizada com o engenheiro de produção e o assistente de engenharia responsáveis pela obra.

Logo após o contato com os responsáveis, foi aplicado um Questionário de Avaliação (Apêndice 1) com perguntas relacionadas aos onze princípios da *Lean Construction*. Cada pergunta apresenta um peso final para classificar a obra em relação à filosofia *Lean*. A criação deste questionário foi realizada a partir de uma adaptação de Carvalho (2008).

Tabela 1 - Níveis de classificação por princípio da *Lean Construction* no Questionário de Avaliação

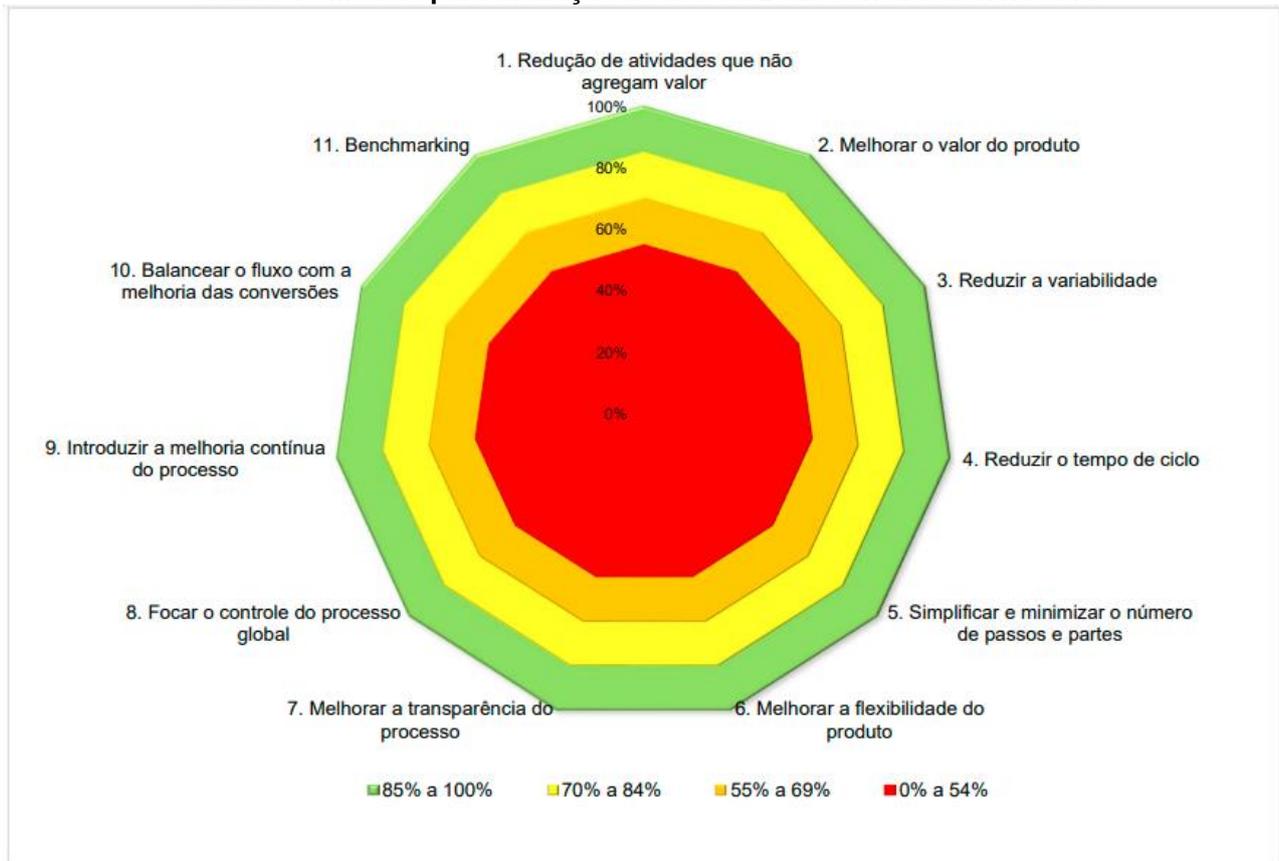
NÍVEIS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS	
0	O conceito não está presente ou existem grandes inconsistências em sua implementação
1	O conceito está presente, mas há pequenas inconsistências em sua implementação
2	O conceito está totalmente presente e efetivamente implementado
3	O conceito está totalmente presente e efetivamente implementado e exibe melhorias na sua execução nos últimos 12 meses

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008)

Na Tabela 1 são definidos os níveis de classificação de cada pergunta do questionário sobre a aplicação dos princípios *Lean Construction* no canteiro de obra. Assim, as perguntas poderiam ser respondidas com níveis que variam de "0" a "3".

Para que todos os princípios *Lean* tivessem a mesma importância no resultado final, foi considerado o mesmo peso para todas as perguntas, independentemente do princípio questionado. Com o objetivo de haver uma melhor visualização e análise dos dados coletados, foram utilizados gráficos em forma de radar, conforme apresentado no Gráfico 1.

**Gráfico 1 - Modelo para avaliação do uso da *Lean Construction* na obra**



**Fonte: Adaptado de Carvalho (2008)**

No Gráfico 1 são expressas as informações coletadas no Questionário de Avaliação. A partir do mesmo, é possível analisar individualmente cada um dos princípios e verificar os princípios menos utilizados na obra.

Este gráfico contém quatro cores diferentes, sendo que a cor verde representa o nível "Excelente", a cor amarela representa o nível "Avançado", a cor laranja representa o nível "Intermediário" e a cor vermelha representa o nível "Baixo". Estes níveis estão descritos na Tabela 2. Dessa forma, com o auxílio das cores, a identificação dos pontos críticos da obra, ou seja, a falta de aplicação dos princípios *Lean* ficam claramente visíveis, tornando o entendimento do gráfico mais simples.

Portanto, após a obtenção das respostas do Questionário de Avaliação, a obra teria um nível percentual da aplicação da *Lean Construction* presente obtida da seguinte fórmula:

$$Na (\%) = \frac{\sum \text{Pontos Atribuídos}}{123 (\text{Pontos Possíveis})} \times 100$$

Sendo:

- Na (%): Nível percentual obtido da aplicação da *Lean Construction* nesta obra.
- $\sum$  Pontos Atribuídos: Somatório de pontos atribuídos em cada uma das perguntas.
- 123 (Pontos possíveis): Pontuação máxima que pode ser obtida no questionário é 123 pontos.

Tabela 2 - Classificação da obra de acordo com o nível de *Lean Construction*

Nível de avaliação dos onze princípios	PERCENTUAL	NÍVEL	CARACTERÍSTICA
	100%	Excelente	Aperfeiçoamento em busca pela perfeição na construção enxuta.
	85%		
	70%	Avançado	Consciência e aprendizado sobre a filosofia Lean.
	55%	Intermediário	Conhecimento parcial e algumas inconsistências na implementação dos onze princípios.
0%	Baixo	Conhecimento nulo ou com grandes inconsistências sobre o Lean Construction.	

Fonte: Autoria própria (2022)

Juntamente com o preenchimento do Questionário de Avaliação, realizou-se uma verificação dos princípios no local, onde houve uma retroalimentação dos dados a fim de registrar e analisar a veracidade dos dados obtidos na avaliação.

O registro de imagens das boas práticas desempenha papel importante no âmbito das melhorias e pode servir de material para treinamento da mão de obra e na busca por padronização dos processos em uma empresa da construção civil (ISATTO *et al.*, 2000).

Nesta etapa de diagnóstico, há constatações mediante o registro de imagens obtidas no que diz respeito ao desempenho das atividades no canteiro de obras. Assim, sendo possível realizar uma validação apontando os princípios que a obra falhou e também apresentar melhorias com base na filosofia *Lean* de acordo com a obra.

### 3.3. Desenvolvimento

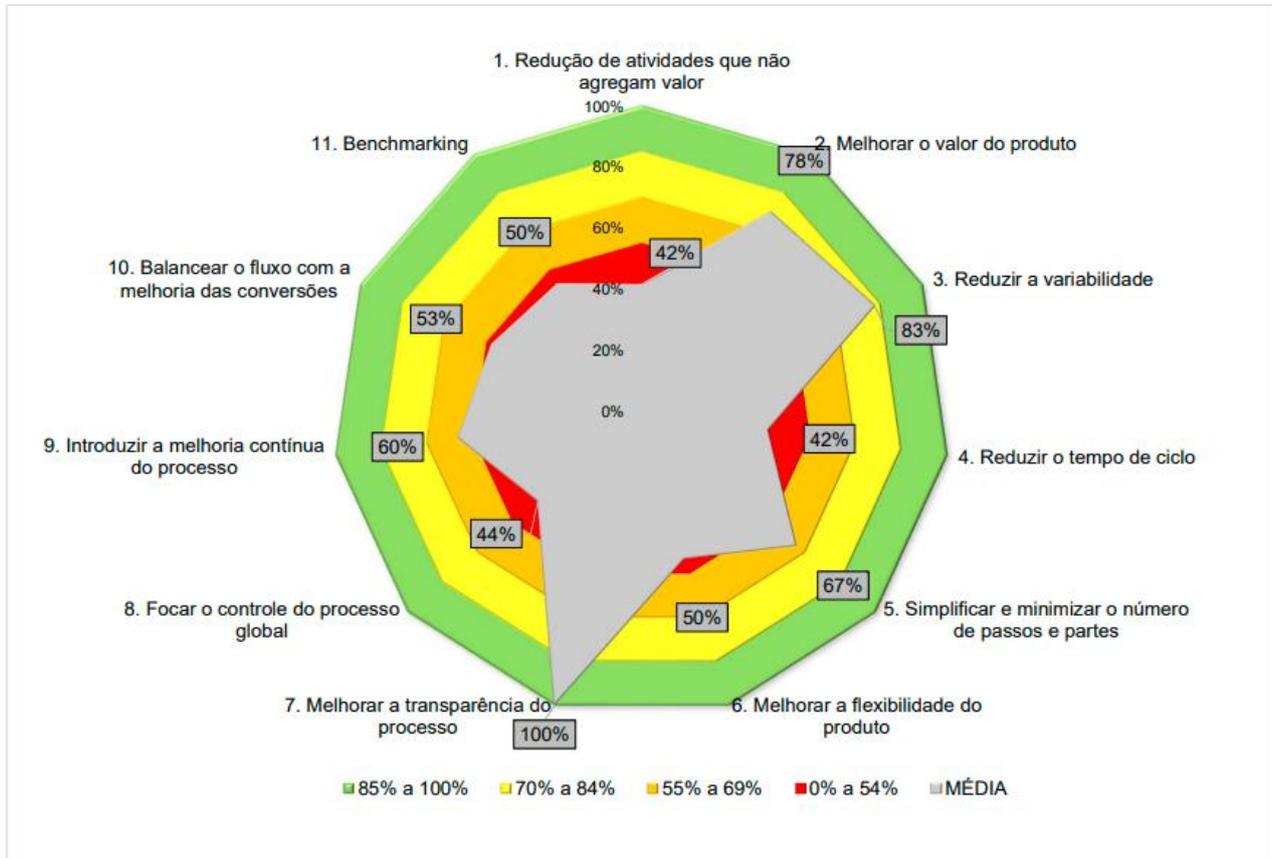
A partir do diagnóstico realizou-se uma proposta que potencializasse os ganhos de produtividade e redução de desperdício no ambiente de estudo. Nesta fase foram escolhidos os princípios que apresentaram as maiores fragilidades ou negligências.

## 4. Resultados

Para os princípios de redução de atividades que não agregam valor, redução do tempo de ciclo e foco no controle do processo global foram aplicadas as duas ferramentas citadas na revisão bibliográfica: Cronoanálise e Relatório A3.

Através das respostas do engenheiro de produção e do assistente de engenharia, foi realizada uma análise de acordo com a aplicação da filosofia *Lean*.

**Gráfico 2 - Resultados do questionário aplicado**



**Fonte: Adaptado de Carvalho (2008)**

Os conceitos com os piores desempenhos identificados foram: redução de atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo e focar no controle do processo global.

Devido a diversos problemas de logística de armazenamento de material, conforme apresentado na Figura 4, e acessos de circulação (Figura 5), a obra perde muito tempo em movimentação. A falta de mapeamento cronológico analisado com base nas atividades que não agregam valor limita os materiais a serem distribuídos próximos aos pontos de aplicação e, conseqüentemente, aumenta o tempo das atividades que não agregam valor ao produto final.

**Figura 4 - Problemas de armazenamento e logística de materiais**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

**Figura 5 - Dificuldade na circulação de máquinas e funcionários**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Foi verificado na observação direta e relatado pelo engenheiro da obra que a maioria dos serviços é realizada por empresas terceirizadas, o que gera um déficit devido à falha do cumprimento dos serviços dentro do prazo, falta de qualidade dos processos e divergências no resultado final e a falta de uma gestão de equipe eficaz a fim de obter produtividade, satisfação dos membros do time e evitar sobrecarga garantindo que todos possam cumprir os processos dentro do prazo estipulado.

Foi observado que a obra não utiliza um modelo padronizado de mapeamento do tempo das atividades, conseqüentemente não analisando possíveis melhorias e possibilitando aumento das atividades que não agregam valor e tempo de ciclo.

Uma característica desta obra é que devido à utilização do método construtivo de parede de concreto para as torres. Devido à técnica construtiva adotada, com a utilização de paredes de concreto, tem-se uma limitação com relação a novos conceitos dentro do apartamento vendido, conseqüentemente reduzindo a flexibilidade do produto ao cliente final. A Figura 6 apresenta a execução de um pavimento tipo.

**Figura 6 - Método construtivo de parede de concreto**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Já os conceitos com os melhores desempenhos identificados foram: melhorar o valor do produto através de considerações sistemáticas requeridas pelo cliente, reduzir a variabilidade e melhorar a transparência do processo.

Apesar de sua limitação devido ao método construtivo empregado, a construtora busca flexibilizar seu produto através de possíveis alterações, por meio da escolha dos clientes, em relação aos acabamentos dos apartamentos, como opções de bancadas, louças, metais, piso laminado e porcelanato. Além disso, foi observado que é realizada pesquisa de satisfação dos clientes das obras entregues para buscar oportunidades de melhorias para futuros empreendimentos.

Há também um sistema de qualidade implantado por aplicativo, onde o conferente dos serviços tem acesso pelo celular para melhor inspeção, constando dados de conformidades e inconformidades que gera um painel *Power BI* para o engenheiro responsável, evitando retrabalhos e buscando melhoria no valor do produto final.

Observa-se que a obra possui ferramentas implementadas para buscar transparência no processo, conforme mostra a Figura 7. A obra é planejada a curto e longo prazo com a Linha de balanço<sup>1</sup> e programada semanalmente através do Gantt<sup>2</sup>, onde são gerados indicadores de atividades concluídas e expostos no Painel de Gestão, o qual fica evidenciado no canteiro de obras para todos os colaboradores consultarem.

**Figura 7 - Gantt e Painel de Gestão expostos no canteiro de obras**



<sup>1</sup> Linha de balanço é um método gráfico de programação. A usabilidade desta técnica possibilita que o elaborador visualize o fluxo de trabalho do projeto e da construção através do uso de diagramas com linhas que reproduzem diferentes tipos de atividades, efetuadas por grupos de trabalho diferentes em locais distintos (MONTEIRO & MARTINS, 2011). Nesta técnica as atividades são utilizadas e retratadas num eixo cartesiano, de forma que no eixo das ordenadas encontram-se as unidades de repetição previamente definidas, e na abscissa o tempo (LIMMER, 1996).

<sup>2</sup> Diagrama de Gantt permite demonstrar um cronograma do projeto, titulado com o nome de seu inventor, Henry Gantt. O objetivo é enumerar as tarefas a serem realizadas no eixo vertical e os intervalos de tempo no eixo horizontal. A largura das barras horizontais demonstra a duração de cada atividade, ilustrando as datas de início e término dos elementos do terminal e os elementos de resumo de um projeto (CORRÊA, 2006).

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Foi verificado que a obra possui um sistema de qualidade efetivamente implantado e com bom desempenho frente às políticas de qualidade estabelecidas pela empresa.

Verifica-se que esta obra se considera possuidora da filosofia *Lean Construction* em sua cadeia produtiva. Portanto, possui conhecimento dos conceitos da filosofia *Lean* conforme evidenciado nas respostas do questionário.

Com a obtenção das respostas do Questionário de Avaliação, foi realizada a fórmula para obtenção do nível percentual de aplicação presente de *Lean Construction* na obra. Conforme resultado a seguir:

$$Na (\%) = \frac{78}{123} \times 100 = 63\%$$

Portanto, a obra foi classificada no nível “Intermediário”, pois conforme a Tabela 2, este nível apresenta percentuais de 55% a 70%. Neste nível entende-se que parte considerável dos princípios está sendo atendida, o que pode ser interpretado como utilização de ferramentas e técnicas do planejamento e controle da produção adotadas pelo canteiro.

#### **4.1. Sugestões de melhorias**

Para este novo enfoque da obra foram sugeridas duas concepções: Relatório A3 e Cronoanálise. O escopo desta ação atuou com o objetivo tanto de reduzir a parcela das atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo, como também de focar o controle em todo o processo global. A escolha dessas ferramentas a serem sugeridas resultou da união dos dados levantados na fase de revisão bibliográfica, daqueles obtidos pela realização do diagnóstico da obra estudada e dos dados provenientes da caracterização da obra.

##### **4.1.1. Cronoanálise**

Conforme revisão bibliográfica, foi elaborado um documento que contemplasse todas essas definições e foi denominado de "Folha de Cronoanálise", que contém as informações necessárias para cálculo do tempo padrão das operações.

A Figura 8 apresenta a folha de cronoanálise desenvolvida, bem como a identificação dos campos da mesma, os quais são detalhados em seguida.

Figura 8 - Modelo para registros da Cronoanálise

FOLHA DE CRONOANÁLISE					
OBRA:					
CRONOANALISTA:			DATA:		
ATIVIDADE ANÁLISADA:					
FUNCIONÁRIO ANALISADO:					
DESCRIÇÃO ELEMENTO	AV/NAV/SAV	HORA INÍCIO:	HORA FIM:	$\Delta t$	OBSERVAÇÕES:
2	3		4		5

Fonte: Autoria própria (2022)

### A. Registro das informações da operação

O primeiro passo para a realização da cronoanálise é o registro das informações da operação. Desta forma, devem ser obtidos os seguintes dados: identificação da obra, verificação da atividade ou área analisada, nome de registro do operador, data do estudo e nome do observador cronoanalista. Como pode-se observar na Figura 8, os campos identificados com o número “1” é o cabeçalho da folha de cronoanálise.

- **Definição dos Equipamentos para Medição do Tempo**

Para realização da cronoanálise, o principal equipamento utilizado é o cronômetro, ele será o responsável pela cronometragem devida das execuções do profissional.

Além do cronômetro, outros equipamentos indicados são: prancheta para apoio da folha da cronoanálise, caneta, lápis, borracha, calculadora, trena para medição do local de trabalho por exemplo a distância percorrida pelo operador para realizar alguma atividade.

A partir da separação dos equipamentos e com as características preenchidas do cabeçalho da folha de cronoanálise, o analista pode iniciar o segundo passo que é a divisão da operação em elementos.

### B. Descrição dos elementos de cada operação

O campo identificado com o número “2” na Figura 8 é reservado para a descrição da atividade ou operação que será analisada. Ex: medir o posicionamento correto da pingadeira, fazer assentamento da pingadeira para janela da suíte, nivelar e tirar excesso de massa, etc.

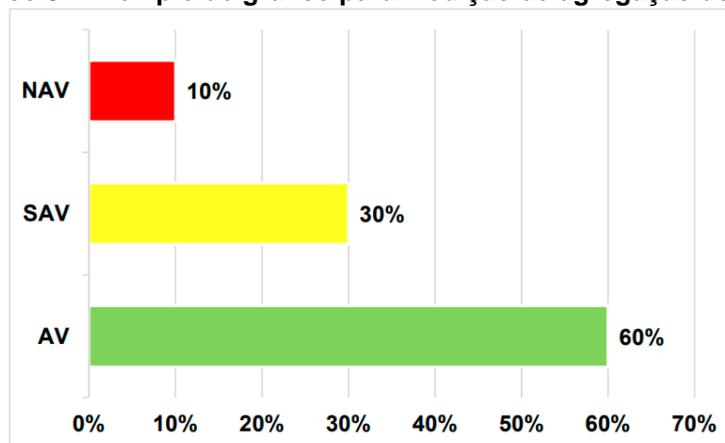
### C. Classificação dos elementos

No campo identificado com o número “3” na Figura 8 está a classificação dos elementos identificados em cada processo da atividade, em relação à agregação de valor. Assim tem-se:

- **Agrega valor (AV):** Atividades que agregam valor ao produto final. Ex: cortar, pintar, instalar, assentar, etc;
- **Não agrega valor (NAV):** Atividades que não agregam valor ao produto final. Ex: transportar, esperar, retrabalhar, etc;
- **Semi-agrega valor (SAV):** Atividades com valor semi-agregados pois são elementos necessários. Ex: posicionar, segurar, lubrificar, etc.

Esta classificação é importante para identificar qual é o percentual de valor agregado da operação, e qual é o percentual de desperdícios. Assim, dependendo do resultado é possível direcionar ações de melhoria, para a redução das ineficiências e perdas do processo.

**Gráfico 3 - Exemplo de gráfico para medição de agregação de valor**



Fonte: Autoria própria (2022)

Todos os elementos são previamente classificados na planilha quanto à agregação de valor. Desta forma, quando o cronoanalista digita os tempos, a mesma gera os resultados, bem como um gráfico para facilitar a visualização.

#### **D. Registro dos tempos da operação**

O campo identificado com o número “4” na Figura 8 é reservado para o registro dos tempos da atividade ou operação analisada.

#### **E. Registro de observação**

O campo identificado com o número “5” na Figura 8 é reservado para o registro de possíveis observações pertinentes à atividade ou elemento.

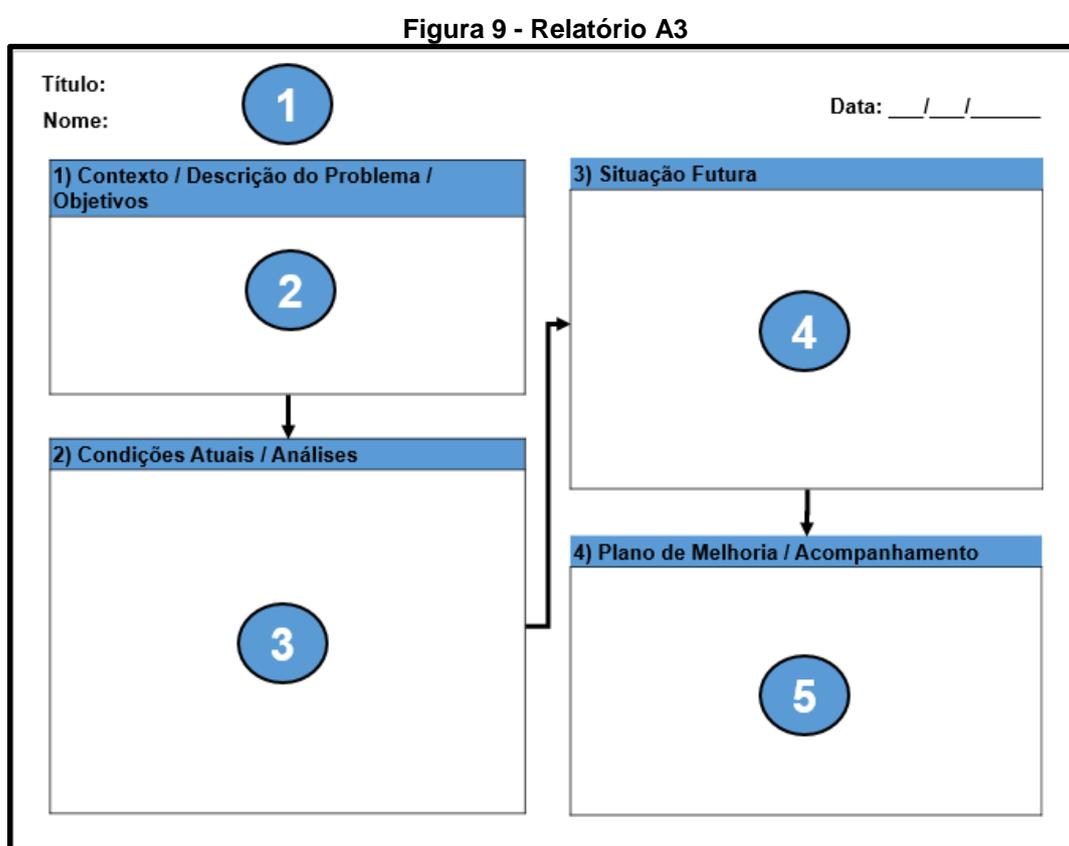
Analisando o gráfico de agregação de valor da operação no Gráfico 3, é possível identificar atividades que agregam valor, de valor semi-agregado e não agregam valor ao produto, ou seja, o tempo de trabalho gasto com desperdícios que o cliente não está disposto a pagar.

Sendo assim, é possível identificar o tempo superestimado no momento de sua determinação devido à falta de um método adequado para aquele momento, onde, por falta de segurança nos dados, as operações acabavam sendo executadas com um tempo superior ao que realmente necessita, impactando diretamente no custo das mesmas.

#### 4.1.2. Relatório A3

Conforme revisão bibliográfica, foi elaborado um documento que contemplasse todas essas definições e foi denominado de "Relatório A3", que contém as informações necessárias para obter resultados dessa ferramenta.

A Figura 9 apresenta a folha de Relatório A3 desenvolvida, bem como a identificação dos campos da mesma, os quais serão detalhados em seguida.



Fonte: Autoria própria (2022)

Primeiramente, deve-se definir o autor do documento que irá reunir a equipe e conduzir as atividades de elaboração e preenchimento do A3.

Realizar uma reunião promovendo os debates e compartilhamento de ideias com a participação de todos os líderes da obra e usando materiais adicionais necessários (projetos, estudos, entre outros).

Com a definição da atividade a ser analisada, organizar as informações e realizar o preenchimento do A3.

## **1) Registro das informações da operação**

O primeiro passo para a realização do A3 é o registro das informações da operação. Desta forma, devem ser obtidos os seguintes dados: nome do autor que irá conduzir as atividades de elaboração e preenchimento do A3, título da atividade a ser analisada e data da realização do A3. Como pode-se observar na Figura 9, os campos identificados com o número “1” é o cabeçalho do Relatório A3.

## **2) Contexto / Descrição do problema / Objetivos**

O campo identificado com o número “2” na Figura 9 é reservado para descrever o problema ou oportunidade de melhoria, definindo os objetivos e metas da operação usando imagens ou gráficos para ilustrar melhor a situação, se necessário.

Por exemplo: Melhoria no abastecimento de material.

- Todo material para ser utilizado nos pacotes de trabalho devem estar disponibilizados no ponto de uso;
- Evitar deslocamentos dos operadores para buscar materiais;
- Eliminar ao máximo a não agregação de valor nos pacotes de trabalhos a serem executados;
- Ter uma gestão visual para conseguir visualizar de maneira fácil quais os materiais que foram entregues e quais ainda faltam;
- Formalizar todos os kits necessários para cada pacote de trabalho.

## **3) Condições atuais / Análises**

No campo identificado com o número “3” na Figura 9 deve-se detalhar o problema ou oportunidade de melhoria com os fatos e dados que estão impactando a situação atual ou gerando oportunidade, identificando possíveis causas e definindo a causa principal. Se necessário, usar gráficos ou imagens para ajudar a ilustrar as informações. Todo A3 deve ser lógico e fácil de ler como se “contasse uma história”.

Por exemplo: Melhoria no abastecimento de material.

- Processo de abastecimento sem gestão visual;
- Abastecimento não está conseguindo ser feito um dia antes da execução da atividade principal;
- Pacotes não formalizados por completo (Pacote, equipe, material, ferramenta);
- Não há premiação para os funcionários responsáveis pelo abastecimento;
- Não identificado quantidades separadas para cada apartamento ou área de trabalho;
- Causa principal: Falta de processo padronizado de abastecimento de materiais.

## **4) Situação futura**

No campo identificado com o número “4” na Figura 9 deve-se representar o cenário futuro e implantações necessárias para atingir os objetivos ou metas esperadas, definindo o alvo

desse processo de correção ou melhoria e listando possíveis soluções com base nas causas analisadas.

Por exemplo: Melhoria no abastecimento de material.

- Rotina de abastecimento diário: Fluxo contínuo;
- Pacotes completamente formalizados;
- Gestão visual executada, mostrando uma gestão de liberação, requisições e painel de kits nos pavimentos das torres e almoxarifado;
- Abastecimento com metas definidas e premiações mensais;
- Kits descritos e liberados com materiais completos para cada atividade.

## 5) Plano de melhoria / Acompanhamento

No campo identificado com o número “5” na Figura 9 deve-se definir ações necessárias para a transformação da situação atual na futura, indicando sempre um responsável para cada ação e relacionando cada ação com o respectivo item das condições atuais.

Por exemplo: Melhoria no abastecimento de material.

- Criar fluxo de abastecimento, responsável Caroline, prazo de 7 dias;
- Formalizar os pacotes de trabalho, responsável Michelle, prazo de 7 dias;
- Criar painel de Kits, responsável Guilherme, prazo de 7 dias;
- Definir escopo dos abastecedores e avaliar possível premiação, responsável Patrick, prazo de 7 dias.

## 5. Considerações finais

Esta pesquisa teve como um dos seus objetivos aprofundar o conhecimento dos onze princípios da *Lean Construction* e, para isto, foi realizada uma análise cronológica onde foram apresentados desde a origem do Sistema Toyota de Produção (STP) até a aplicação de sua filosofia enxuta na construção civil.

O diagnóstico do cenário atual da obra levou ao conhecimento do ambiente estudado, auxiliando na identificação das limitações organizacionais e funcionais existentes.

Com o uso da entrevista estruturada foi possível submeter a obra a uma avaliação completa do ponto de vista da construção enxuta, permitindo visualizar os principais pontos a serem trabalhados em direção à ascensão da obra em um ambiente enxuto. A observação direta do ambiente realizada pelos pesquisadores levou à validação das conclusões obtidas na entrevista estruturada.

Além de identificar os princípios com piores desempenhos, esta análise permitiu obter um valor percentual do nível de uso da *Lean Construction* presente na obra, classificado no nível Intermediário com 63%. O uso deste indicador permite auxiliar no reconhecimento de estratégias e ferramentas que concebem melhorias na aplicação da *Lean Construction* por uma construtora.

O desenvolvimento da proposta *Lean* foi baseado nesta ideia, para tanto se reuniram algumas das ferramentas que apresentaram resultados já comprovados nos princípios falhos indicados em obras.

Os princípios identificados como os piores desempenhos foram: focar o controle do processo global, reduzir a parcela de atividades que não agregam valor e reduzir o tempo de ciclo. Foram sugeridas as ferramentas Relatório A3 e Cronoanálise, que objetivam potencializar a execução das atividades e eliminar as mais diversas fontes geradoras de desperdícios. Também, se considerou a importância de focar o controle em todo o processo, devido a ser uma falha logística vivenciada pela obra estudada.

É importante salientar que esta pesquisa se trata de um estudo de caso, e os resultados obtidos não podem ser generalizados, pois cada obra possui suas particularidades. Portanto, não se pode afirmar, por exemplo, que se a mesma análise fosse aplicada em outro canteiro de obra, os mesmos resultados seriam obtidos. Porém, isso não interfere na utilização destes resultados para a comparação com resultados de trabalhos futuros.

Pode-se considerar que a pesquisa atingiu seus objetivos geral e específicos, gerando duas diretrizes voltadas à implantação de ferramentas de construção enxuta dentro das áreas propostas e respondendo à questão encontrada no problema da pesquisa.

## 6. Referências Bibliográficas

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. 6.ed. São Paulo, 1977.

BARROS NETO, J. P.; ALVES, T. C. L. **Análise estratégica da implementação da filosofia lean em empresas construtoras**. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo, v. 11, 2008.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

BRASIL. **Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus**. EBC, UNA-SUS, ano 2020.

CARVALHO, B. S. **Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

CARVALHO, L. S. **A Adoção de princípios lean pelo setor da construção civil**. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013

COELHO, C. B. T. **Antecipações gerenciais para a inserção de atividades facilitadoras na execução de alvenaria de tijolos cerâmicos: análise dos relatos de agentes do processo**. 2009. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2009.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações: Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

CONTADOR, J. C. **Modelo para aumentar a competitividade industrial: a transição para a gestão participativa**. São Paulo: Atlas, 2003.

CORRÊA, H. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços – Uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: Princípios Básicos e exemplos.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2000.

FORMOSO, C.T. (Org.). **Plano estratégico para a ciência, tecnologia e inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído, com ênfase na Construção Habitacional.** Florianópolis: ANTAC, 2002.

ISATTO, E. *et al.* **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.** Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000. 177p.

KORANDA, C.; CHONG, W.; KIM, C.; CHOU, J. S.; KIM, C. **An investigation of the applicability of sustainability and lean concepts to small construction projects.** Journal of Civil Engineering, London, UK, v. 16, n. 5, p. 699-707, 2012.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Technical Report n.72. Center of Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo, Finlândia: VTT, 2000.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras.** Rio de Janeiro: LCT, 1996.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MILNITZ, D. **Tempos e métodos aplicados à produção.** Indaial: UNIASSELVI, 2018.

MONTEIRO, A., & MARTINS, J. P. **Linha de Balanço: Uma nova abordagem ao planejamento e controle na construção.** In: 2º Fórum Internacional de Gestão da Construção: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

MOYANO-FUENTES, J.; SACRISTÁN-DÍAZ, M. **Learning on lean: a review of thinking and research.** International Journal of Operations & Production Management, Bingley, West Workshire, v. 32, n. 5, p. 551-582, 2012.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Bookman Companhia Editora, Porto Alegre, 1997.

PÁDUA, R. C. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia.** Universidade Federal de Goiás, 2014.

PONTELLO, K.; OLIVEIRA, V. L. F. **Lean Construction aplicação das ferramentas na construção de casas 1.0.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, PUC Goiás, 2020.

REIS, T. **Aplicação da Mentalidade Enxuta no fluxo de negócios da construção civil a partir do Mapeamento do fluxo de valor:** Estudos de Caso. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Entendendo o pensamento A3:** um componente crítico do PDCA da Toyota. Bookman Editora, 2010.

SOBEK II, D. K.; JIMMERSON, C. **A3 reports:** tool for process improvement. In: IIE Annual Conference. Proceedings. Institute of Industrial and Systems Engineers (IIE), 2004. p. 1.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção:** do ponto de vista da engenharia de produção. v.2, 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman. 1996.

SHOOK, J. **Gerenciando para o aprendizado.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

VALENTE, C; BRANDALISE, F; PIVATTO, M; FORMOSO, C. **Guidelines for Devising and Assessing Visual Management Systems in Construction Sites.** 25th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction, 2017.

WOMACK J.; JONES D. e ROOS D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: Campus, 2004.

## 7. Apêndice 1

### ITEM QUESTIONAMENTOS

ENGENHARIA		0	1	2	3
<b>1</b>	<b>Redução de atividades que não agregam valor</b>	0	1	2	3
1.1	Há ações ou práticas da obra para reduzir as atividades que não agregam valor?  <b>CONCEITO:</b> Atividades que agregam valor são todas aquelas que transformam materiais, informações e mão de obra em requerimentos solicitados pelos clientes.		X		
1.2	Existe um plano de ação recente para traçar um mapeamento do estado atual e projetar um mapeamento do estado futuro do fluxo de trabalho na obra?  <b>CONCEITO:</b> Por exemplo, avaliando o <i>layout</i> atual do canteiro e constantemente experimentando novas disposições de <i>layout</i> .		X		
1.3	Existem medidas para redução do desperdício de tempo? (Transporte e espera)			X	
1.4	Os materiais são distribuídos próximos ao ponto de aplicação?		X		
<b>2</b>	<b>Melhorar o valor do produto através das considerações sistemáticas requeridas pelo cliente</b>	0	1	2	3
2.1				X	

Existe algum tipo de flexibilização para eventuais mudanças requeridas pelos clientes?				
--	--	--	--	--

2.2	É realizada pesquisa de satisfação dos clientes em obras entregues? Se sim, esta pesquisa é considerada para oportunidades de melhoria para futuros empreendimentos?				X
-----	--	--	--	--	---

2.3	Existe algum sistema de gestão da qualidade, que permita verificar e inspecionar os serviços?			X	
-----	---	--	--	---	--

<b>3</b>	<b>Reduzir a variabilidade</b>				
		0	1	2	3

3.1	Existem procedimentos formalizados para execução das atividades que agregam valor no canteiro de obra?  <b>CONCEITO:</b> Atividades que agregam valor ao produto final podem ser entendidas como aquelas que transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes (KOSKELA, 1992).				X
-----	--	--	--	--	---

3.2	Existe um planejamento formalizado da obra (planos de longo, médio e curto prazo) ou linha de balanceamento?				X
-----	--	--	--	--	---

3.3	É realizado treinamento da mão de obra a fim de apresentá-los a execução de uma nova atividade?			X	
-----	---	--	--	---	--

3.4	As equipes são polivalentes?  <b>CONCEITO:</b> A polivalência da equipe significa o quão flexíveis são os colaboradores para trabalhar em diferentes serviços.			X	
-----	--	--	--	---	--

<b>4</b>	<b>Reduzir o tempo de ciclo</b>				
		0	1	2	3

4.1	O tempo de ciclo das atividades internas da obra são conhecidos?  <b>CONCEITO:</b> tempo de ciclo = tempo de processamento + tempo de inspeção + tempo de espera + tempo de movimentação.		X		
-----	---	--	---	--	--

4.2	Existe um controle para pedidos de reposição dos materiais com alta rotatividade?			X	
-----	---	--	--	---	--

4.3	Existe o controle sobre a produtividade dos operários?		X		
-----	--	--	---	--	--

4.4	Os canteiros de obra possuem vias de acesso interno limpas, largas e desimpedidas para circulação dos colaboradores e equipamentos?		X		
-----	---	--	---	--	--



<b>5 Simplificar e minimizar o número de passos e partes</b>		0	1	2	3
5.1	A obra faz uso de elementos produzidos fora do canteiro? (Ex: elementos pré-moldados, kits, concreto usinado, argamassa estabilizada, etc.)			X	
5.2	A obra busca usar gabaritos ou equipamentos dedicados que possibilitam a redução do número de passos e partes para uma tarefa qualquer?  <b>CONCEITO:</b> Quanto maior o número de passos ou partes em um processo, maior é a tendência de possuir atividades que não agregam valor (ISATTO, 2000).			X	
5.3	As informações sobre quais tarefas serão realizadas na semana são claras para toda a equipe?			X	
5.4	As informações sobre quais tarefas serão realizadas na semana estão disponíveis a todos os trabalhadores do canteiro?			X	
<b>6 Melhorar a flexibilidade do produto</b>		0	1	2	3
6.1	A obra busca fornecer ao cliente um serviço flexível?  <b>CONCEITO:</b> Serviço flexível seria a construtora dar opções de adaptar mudanças requeridas pelo cliente.			X	
6.2	Existe controle sobre o tempo gasto por um operário ao realizar a troca da execução de uma determinada atividade X para uma outra atividade Y?  <b>CONCEITO:</b> Tempo de setup é o período de tempo necessário para realizar a mudança de um tipo de atividade para outro tipo.		X		
<b>7 Melhorar a transparência do processo</b>		0	1	2	3
7.2	Existem sistemas de comunicação eficientes na obra como painéis, placas e rádios?				X
7.3	Existem indicadores de desempenho das atividades de produção na obra?				X
7.3	Utiliza de comunicação visual, indicando informações pertinentes às metas e prioridades a serem alcançadas, através de cartazes ou placas indicativas?				X
<b>8 Focar o controle do processo global</b>		0	1	2	3
8.1	Classificar o controle existente sobre o planejamento da obra?			X	
8.2	Classificar o controle existente sobre o orçamento da obra?			X	



		0	1	2	3
<b>11</b>	<b>Benchmark (estabelecer referências de ponta)</b>				
11.1	A obra faz uso de <i>benchmarking</i> ?  <b>CONCEITO:</b> <i>Benchmark</i> pode ser considerado o destaque positivo de um trabalho que pode ser usado como modelo para outros trabalhos.			X	
11.2	Busca e identifica em outras empresas técnicas de sucesso, fazendo visitas ou recolhendo informações destes procedimentos?			X	
11.3	Consegue adaptar as boas práticas à realidade da construtora?		X		
11.4	As boas práticas são implementadas com sucesso na obra?		X		