

## **A IMPLANTAÇÃO DO “LEAN CONSTRUCTION” EM UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE ARARAQUARA**

*The implementation of “Lean Construction” in a residential development in the city of Araraquara*

**GUILHERME DIAS THEOBALDO**

PECEGE - PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS (ESALQ/USP)

**SERGIO RICARDO DO NASCIMENTO**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

### **Comunicação:**

O XII SINGEP foi realizado em conjunto com a 12th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com o Casablanca Climate Leadership Forum (CCLF 2024), em formato híbrido, com sede presencial na ESCA Ecole de Management, no Marrocos.

### **Agradecimento à órgão de fomento:**

Agradeço pela oportunidade de apresentação do meu trabalho, com uma abordagem prática em questão.

## **A IMPLANTAÇÃO DO “LEAN CONSTRUCTION” EM UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE ARARAQUARA**

### **Objetivo do estudo**

Execução de construção enxuta (Lean Construction) no ambiente da construção civil, buscando redução de custos, metas e sustentabilidade.

### **Relevância/originalidade**

Inovação de métodos construtivos.

### **Metodologia/abordagem**

Aplicação de gestão a vista através do Lean Construction.

### **Principais resultados**

Redução de custos, redução de prazos, sustentabilidade, atingir metas.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Inovação com o "carômetro" em obra, para complemento ao sistema Lean Construction.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

Contribuições sustentáveis

**Palavras-chave:** Construção enxuta, Construção Civil, Gestão , Inovação

*The implementation of “Lean Construction” in a residential development in the city of Araraquara*

**Study purpose**

Execution of lean construction (Lean Construction) in the civil construction environment, seeking to reduce costs, goals and sustainability.

**Relevance / originality**

Innovation of construction methods.

**Methodology / approach**

Visual management application through Lean Construction.

**Main results**

Cost reduction, deadline reduction, sustainability, achieving goals.

**Theoretical / methodological contributions**

Inovação com o "carômetro" em obra, para complemento ao sistema Lean Construction.

**Social / management contributions**

Sustainable contributions

**Keywords:** Lean Construction, Construction, Management, Innovation

## **A IMPLANTAÇÃO DO “LEAN CONSTRUCTION” EM UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL NA CIDADE DE ARARAQUARA**

### **1. Introdução**

Os projetos de construção, principalmente os relacionados a infraestrutura, estão em ascensão nos países em desenvolvimento e, nas últimas décadas, colaboraram muito para o desenvolvimento socioeconômico dessas regiões. Porém, canteiro de obras tem uma natureza complexa que representa um enorme desafio a entrega sustentável do projeto (Wu *et al.*, 2023).

No Brasil, o mercado de construção civil cresceu 9,7% em 2021. Segundo o boletim econômico elaborado por Vasconcelos (2022), este foi o melhor desempenho desde 2010. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE] registraram 131.809 empresas de construção ativas em 2020 (IBGE, 2020). Consequentemente, há um aumento crescente da competitividade, o que exige das empresas a adoção de novos métodos de gestão para alcançar melhores resultados junto aos clientes finais, que prezam por tempo, custo e qualidade do serviço.

As empresas de pequeno e médio porte são as que mais encontram dificuldades na adoção de um modelo de gestão e implementação de processos para execução dos projetos. Com isto, os erros de execução de obras são mais frequentes resultando no desperdício de materiais e descumprimento de prazos, aumentando os custos finais previstos (Wu *et al.*, 2023). Clemente (2012) e Howell (1999) listam baixa produtividade, falta de colaboração e interação entre os processos, falta de qualidade, de segurança e más condições de trabalho como os principais problemas registrados no setor. Ahmed, Hossain e Haq (2021) afirmam que o conceito “Lean” é capaz de melhorar significativamente a produtividade, qualidade e gestão de resíduos na construção, tornando-a mais sustentável e melhorando outros indicadores de desempenho.

O sistema “Lean Construction” (ou filosofia enxuta) é uma adaptação do “Lean Manufacturing”, pertencente ao Sistema Toyota de Produção [Toyotismo] e trouxe princípios de processos do setor automobilístico para o de construção civil, como: redução de tempo com exclusão de atividades que não agregam valor; redução da variabilidade; redução do tempo de ciclo; aumento do valor do produto de acordo com as necessidades do cliente; simplificação dos processos produtivos; maior transparência nos processos; maior foco no controle e planejamento do processo e promover a melhoria contínua dos processos estabelecidos (Koskela, 1992).

Com a implantação do “Lean Construction”, os processos são facilitados para a execução do fluxograma de serviços estabelecidos, pois é possível definir com maior clareza os sequenciamentos a serem executados, redimensionamentos de equipes, mapeamento dos problemas em menor período, dando as diretrizes para cada etapa (Albalkhy e Sweis, 2021).

Além disto, contribui para conscientização sobre segurança, redução do índice de acidentes, do retrabalho, maior previsibilidade, produtividade e satisfação. Este sistema ganhou reconhecimento em todo o mundo, mas cabe destacar que é um método complexo e de longo prazo de implementação e retorno. Ainda sim é a tecnologia mais eficaz e aplicável na construção do que qualquer outra (Ahmed *et al.*, 2021).

A justificativa decorre da necessidade das empresas se manterem competitivas no mercado diante do crescimento constante da concorrência atendendo às premissas de sustentabilidade nos pilares ambientais, econômicos e sociais. Devido ao baixo custo de aplicação o “Lean” e as características inerentes a ele, surge a possibilidade que seja extremamente viável para este fim.

A empresa foco deste estudo de caso atua na construção civil desde 2012 e, para reduzir os prazos e custos de seus projetos, começou a cogitar a implementação do “Lean Construction”. No cenário atual dos projetos da empresa, falta uma integração das estratégias e alguns conceitos são negligenciados gerando uma série de falhas na execução como atrasos, retrabalho e resíduos espalhados pelo canteiro (desperdício e falta de organização). Logo, todas as informações obtidas são confrontadas com outros estudos disponíveis a fim constatar se o processo de implantação condiz com o que é encontrado na literatura.

Diante do exposto, objetivo deste trabalho foi descrever o processo de adoção do “Lean Construction” em um empreendimento residencial através de um estudo de caso. Para atingir esse objetivo, foram identificados seus benefícios, barreiras de implementação e ferramentas utilizadas em sua prática, com base em um projeto desenvolvido em Araraquara. Além disso, foi realizado um levantamento de artigos científicos relacionados ao tema através de buscas em base de dados confiáveis para análises e comparações.

## **2. Metodologia**

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa científica pode ser classificada quanto à natureza, aos objetivos e aos procedimentos. Por buscar conhecimentos dirigidos aos interesses de mercado, classifica-se a natureza desta pesquisa como aplicada. Quanto aos objetivos, é tida como descritiva, uma vez que analisa diferentes variáveis relacionadas a metodologia “Lean Construction” e a sua implantação. O procedimento para busca de dados consiste em um estudo de caso subsidiado por uma pesquisa documental (da construtora) e bibliográfica (para embasamento teórico e comparação com outros estudos).

Vergara (2010) relata que universo e amostra são responsáveis por delimitar e contextualizar o conteúdo do estudo. O universo consiste no conjunto de elementos que partilham de características de interesse do estudo e a amostra é uma parcela do universo selecionada sob um determinado critério. Sendo assim, o universo deste estudo consiste no “Lean Construction” aplicado a uma empresa do ramo da construção civil e a amostra é um empreendimento residencial localizado na cidade de Araraquara, no estado de São Paulo.

### *Ambiente da empresa*

A responsável pela obra é uma construtora, fundada em Ribeirão Preto (SP), que atua desde 2012 no mercado imobiliário voltado a construção vertical de apartamentos faixa 3 do sistema Minha Casa, minha vida (45 a 60m<sup>2</sup>). A central da empresa tem apoio dos setores de projetos, compatibilização, produto, jurídico e comercial, que empregam 400 funcionários, direta e indiretamente.

O empreendimento conta com 208 apartamentos de alvenaria estrutural. Cada prédio tem 13 pavimentos, com oito unidades por andar e três plantas disponíveis. Possui alguns diferenciais como churrasqueira “gourmet”, espaço “coworking”, área “fitness”, “happy hour”, lava e seca, quadra, piscinas adulto e infantil, dentre outros.

### *Etapas da pesquisa*

A pesquisa foi dividida em duas etapas: pesquisa na literatura e estudo de caso. A busca foi realizada em fevereiro e março de 2023 na base de dados do Google Acadêmico para fundamentar o estudo de caso com a seleção de artigos indexados e estudos disponíveis em repositórios de universidades.

Foram utilizados os termos de pesquisa “Lean Construction” e eficiência combinados entre si e aplicados filtros para estabelecer os critérios de inclusão, como: publicações entre 2018 e 2023, em língua portuguesa ou inglesa, com texto inteiramente disponível para leitura, que figurassem entre os 50 artigos mais relevantes em inglês ou os 50 mais relevantes em português, apresentassem as vantagens e desafios da implantação desta metodologia.

As publicações antecedentes ao período escolhido, em outros idiomas que não os citados, com acesso pago ou textos incompletos e em posições de relevância posteriores a 50 foram excluídos. O fluxograma da Figura 1, a seguir, demonstra o processo de busca, seleção e triagem dos estudos.

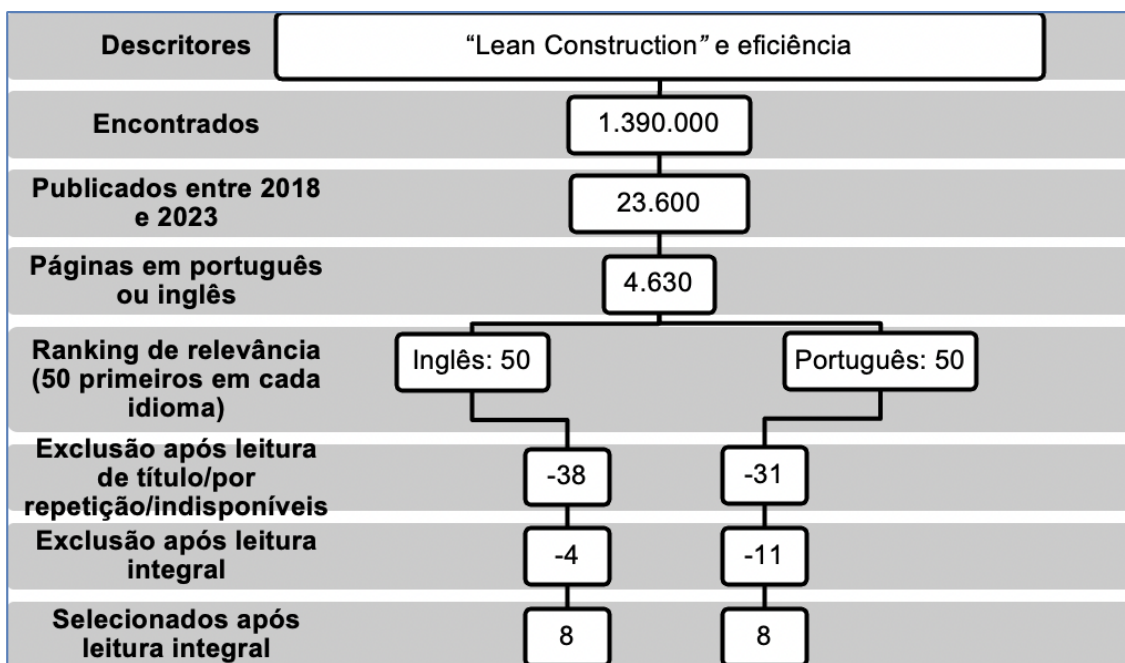


Figura 1. Sistematização da busca

Fonte: Dados da pesquisa

O uso dos termos retornou 1.390.000 resultados, ao aplicar o filtro temporal de 2018 a 2023, o número reduziu para 26.200 resultados. Após isto, foi configurada a busca para apenas páginas em inglês e português, os estudos foram ranqueados pelo filtro de relevância, avaliando-se os 50 primeiros estudos em inglês e os 50 primeiros em português. Foram escolhidos 16 estudos (8 em inglês e 8 em português) que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão para desenvolvimento do trabalho e tiveram afinidade com a proposta do presente estudo.

Para desenvolvimento do estudo de caso, inicialmente são listadas as perdas presentes no empreendimento antes da implantação da filosofia “Lean” e seus impactos. A partir disto, há a identificação de cada medida adotada pela construtora em prol da construção enxuta para verificar se os conceitos foram aplicados de forma estruturada, pontuando as dificuldades encontradas ao estabelecê-los, quais os resultados obtidos, se houve perdas persistentes e a viabilidade de melhorias para saná-las.

Tal etapa é necessária pois, conforme apontado por Santana *et al.* (2022), Borges (2018) e Martins *et al.* (2018), apesar de conhecer os conceitos de “Lean Construction”, a maior parte das empresas brasileiras os aplicam incorretamente, de forma independente e não estruturada, apenas como uma cópia da concorrência.

### 3. Análise dos resultados e Discussões

A Tabela 1 apresenta de forma resumida (autor, ano, metodologia empregada e país de origem) os estudos selecionados criteriosamente conforme os parâmetros descritos na metodologia. Dos 15 estudos selecionados para este trabalho, 9 representam estudos de caso e 6 representam revisões de literatura.

Tabela 1. Caracterização dos estudos selecionados

Autores	Ano	Metodologia	Origem
Ahmed <i>et al.</i>	2021	Estudo de caso	Bangladesh
Albalkhy e Sweis	2021	Revisão sistemática	Jordânia
Bajjou e Chafi	2018	Estudo de caso	Marrocos
Bajjou e Chafi	2021	Estudo de caso	Marrocos
Borges	2018	Estudo de caso	Brasil
Castro <i>et al.</i>	2019	Estudo de caso	Brasil
Francis e Thomas	2020	Revisão de literatura	Índia
Li <i>et al.</i>	2020	Revisão sistemática	China
Lohn <i>et al.</i>	2022	Estudo de caso	Brasil
Mano <i>et al.</i>	2021	Revisão sistemática	Brasil
Martins <i>et al.</i>	2018	Estudo de caso	Brasil
Ribeiro <i>et al.</i>	2021	Revisão de literatura	Brasil
Santana <i>et al.</i>	2022	Estudo de caso	Brasil
Silva e Mello	2021	Pesquisa-ação	Brasil
Westerlon <i>et al.</i>	2021	Estudo de caso	Brasil
Wu <i>et al.</i>	2018	Revisão sistemática + simulação em modelo	China

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Dentre os estudos supracitados, 43,75% (7) foram publicados em 2021, 25% (4) em 2018, 12,5% (2) tanto em 2020 quanto em 2022 e 6,25% (1) em 2019. 68,75% (11) tiveram algum viés prático, enquanto 31,25% (5) se limitaram a revisões gerais ou sistemáticas da literatura. O Brasil foi o país de origem em 56,25% dos casos (9 estudos), seguido pela China e Marrocos, ambos com 12,5% (2 estudos). A partir desta pesquisa inicial, as informações dadas da empresa foram comparadas com a literatura nas sessões seguintes.

#### *Perdas identificadas na obra e suas consequências*

O “Lean Construction” trata da redução ou eliminação de perdas e desperdícios que, direta ou indiretamente, geram custos sem agregar valor ao cliente. As principais perdas estão relacionadas a espera [atrasos e gargalos no processo], superprocessamento [falta de padronização e controle], superprodução, estoque, transporte, movimentações desnecessárias, defeito/retrabalho e intelectual [subutilização de talentos] (Westerlon *et al.*, 2021).

No contexto do empreendimento residencial, foram identificadas as seguintes perdas:

- Espera: Este desperdício decorria da espera pela conclusão de uma etapa da obra que não foi concluída por falta de liberação das frentes e materiais. Com isso, o prazo de entrega aumentava sem que fosse agregado valor ao cliente;

- Superprocessamento: Havia um mau dimensionamento das equipes. Enquanto uma determinada atividade havia mão de obra excessiva, outra não foi concluída dentro do cronograma por falta de mão de obra. Além de ser um desperdício do recurso humano, também impactava no tempo de entrega por gerar espera em outras etapas;
- Superprodução: Ocorria principalmente nas etapas de gráute de estrutura e massa estabilizada para reboco. Os insumos não eram consumidos no tempo ideal e endureciam, perdendo a validade. O desperdício de materiais implicava também no aumento do volume de entulho, gerando altos custos para descarte (que aumentava o valor do projeto) e prejudicando o meio ambiente;
- Estoque: O estoque não era segregado por tipo de frente de trabalho e seu controle era ineficaz, com isso, era comum que materiais fossem comprados sem necessidade enquanto outros faltavam sem tempo hábil para reposição, o que gerava atrasos e gargalos na produção. Além disto, a desorganização de estoque gera perda de tempo na localização dos materiais e ferramentas, além do risco de acidentes;
- Movimentações e transportes desnecessários: Em outros empreendimentos da mesma construtora, o banheiro químico e o estoque eram um pouco distantes do local de trabalho, o que gerava inúmeras movimentações ao longo do dia para buscar materiais ou ir ao banheiro;
- Defeito/retrabalho: A execução das lajes e graútes eram pontos críticos da construção. O não preenchimento adequado do espaço do concreto gerava bicheiras no momento de desenformar o pilar, o que gera problemas estruturais futuros. O reparo é um retrabalho que consome mão de obra, materiais e tempo, gerando custos extras;
- Intelectual: A empresa não tem uma cultura de aproveitamento intelectual dos funcionários envolvidos no empreendimento, normalmente, as ideias são “de cima para baixo” sem o envolvimento de todos por meio de um *brainstorming* e sem treinamento contínuo;

Bajjou e Shafi (2021) reforçam que há evidências que a Lean diminua desperdícios, principalmente relacionados a transportes e movimentações desnecessárias, estoque e processamento excessivos, tempos de espera (gargalos, atrasos), defeitos e potencial/criatividade não utilizados dos funcionários. Diante disto, os resultados obtidos com a implantação do “Lean Construction” no empreendimento residencial serão detalhados na seção a seguir.

### *Implementação de ferramentas “Lean”*

Os princípios básicos da construção enxuta são: redução de atividades que não agregam valor, considerar a necessidade dos clientes para aumentar valor de produto, controlar a variabilidade, redução do tempo de ciclo, minimização de etapas e partes, aumento da flexibilidade de saída, transparência do processo, controle no processo global, melhoria contínua, melhorias de fluxo e “benchmarking” (Borges, 2018).

Lohn *et al.* (2022) reforçam que o sistema Toyota, origem do pensamento enxuto, tem como pilares o “Just in Time” (produção puxada) e o “Jidoka” (separação homem-máquina, identificação de problemas e interrupção imediata para reparo), ambos buscando a eliminação de desperdícios, estoque zero, operações padronizadas, estabilidade e melhoria contínua, o que trouxe um novo paradigma na indústria de construção civil.

Segundo Silva e Mello (2021), o *Lean Construction* proporciona a redução de custos, aumento de segurança, melhoria de qualidade, redução de tempo, mitigação de impactos ambientais, aprimoramento do desenvolvimento sustentável, aumento da produtividade e da satisfação do cliente por meio do uso integrado de ferramentas como:



- “Just in Time”: técnica para reduzir tempo de produção e resposta de fornecedores aos usuários finais (Ballard and Howell, 2003; Banama et al., 2019).
  - “Last Planner System” [LPS]: planejamento colaborativo para aumentar a confiabilidade e comprometimento das obras (Bajjou and Chafi, 2018; Ballard et al., 2007).
- 5S: técnica para melhoria contínua baseada em 5 sentidos: senso de utilização [“Seiri”], senso de ordenação [“Seiton”], senso de limpeza [“Seiso”], senso de padronização [“Seiketsu”] e senso de autodisciplina [“Shitsuke”]. Ela contribui para um ambiente eficiente, limpo, organizado, econômico e com boas condições de trabalho (Ballard et al., 2007; Caldera et al., 2017).
- “Kanban”: cartões para registrar liberação de serviços e materiais usados (Ballard et al., 2007; Saram et al., 2017).
  - “Kaizen”: melhoria contínua de qualidade e eficiência para redução de desperdícios (Shang and Pheng, 2013; Omotayo et al., 2018).
  - Gerenciamento visual: favorece a transparência, simplicidade e segurança do processo construtivo (Bajjou et al., 2017; Tezel and Aziz, 2017).
  - “Poka Yoke”: dispositivos a prova de falhas para inspecionar erros e inconformidades; Operações padronizadas: padronização para reduzir improvisos e regular interdependência das atividades (Ansah and Sorooshian, 2017).

No setor de construção civil brasileiro, as principais práticas e ferramentas são: treinamentos; “workshops”, palestras, 5S, melhoria contínua (Kaizen) e sistema de gestão visual. Seguidas por padronização do trabalho, manual de processos, métricas, indicadores, “Building Information Modeling [BIM]”, auditorias, mapeamento do fluxo de valor, checklists, “Last Planner System” [LPS] e sistema de medição de desempenho (Ribeiro *et al.*, 2021).

No empreendimento residencial do estudo de caso, diante das perdas apresentadas na seção anterior, optou-se pela aplicação da linha de balanço, uma técnica de planejamento para reduzir ociosidades e otimizar prazos e processos, melhoria na comunicação com o planejamento colaborativo, gestão visual das atividades (planejado x executado), padronização do trabalho, uso de pequenos lotes de montagem para reduzir prazos e agilizar a resolução de problemas.

Os “post-its” amarelos mostram a execução de alvenaria estrutural de 8 apartamentos, onde é considerado o início da marcação de primeira fiada, até a liberação para a carpintaria iniciar a montagem da laje (respaldo da alvenaria). O prazo médio era de 6 dias e após o “Lean” foi reduzido a 4. Os laranjas mostram o início da carpintaria com a montagem de laje. Com o “Lean Construction”, uma frente de trabalho foi liberada com antecedência para a entrada dos carpinteiros, e dar início a montagem de laje, que se inicia antes de a alvenaria finalizar por completo.

Os rosas marcam o início da montagem de armação, que é iniciada na metade da laje para antecipar sua entrada. Ao término da carpintaria, já havia metade da laje com a armação pronta (4 apartamentos). Os azuis mostram o último dia, onde é executada a concretagem. Enquanto os armadores finalizavam a preparação da armação, já havia uma equipe conferindo na sequência e, em paralelo, a concretagem que acontecia nos 4 apartamentos que foram liberados.

A linha de balanço fornecia um controle diário de produção, incluindo a programação junto a concreteiras. Toda a programação era feita com espaço temporal de 30 dias, o que ajudava a minimizar possíveis imprevistos que gerassem atrasos e tempos de espera. Também dava maior agilidade aos processos de “Kick-off” com a equipe de produção e

terceirizados, mostrando as metas a serem atingidas. Também foi implantado o Percentual de Planejamento Concluído [PPC] para controlar as atividades diárias e entender o porquê de não serem cumpridas.

Castro *et al* (2019) sugerem a implantação do “Kanban” e “Just in Time” para estabelecer um ritmo de produção e consumo de materiais, reduzindo assim os tempos de espera e a falta de estoque de pronta entrega. As causas dos defeitos e atrasos podem ser investigadas com uso da ferramenta “cinco porquês” [questionando qual o problema e as respostas com cinco vezes porque], sugerindo ajustes que atacassem diretamente as causas, como ajustes de tempos, umidade, alimentação e dose de mistura. As mudanças propostas devem ser acompanhadas de treinamento e criação de um setor de qualidade, para que se crie uma cultura de resolução de problemas com a participação de todos os colaboradores.

Quando uma atividade não era cumprida em decorrência de uma quebra de máquina, absenteísmo, falta de material ou outros motivos, a equipe era alertada e um plano de ataque era criado para compensar os atrasos, que poderia ser hora extra no dia subsequente, trabalho aos fins de semana ou contratação de uma nova equipe. Apesar de gerar gastos inesperados, estes ainda são menores que os decorrentes do atraso da obra.

Tanto a linha de balanço quanto o PPC ajudaram a diminuir as perdas com tempo de espera das atividades, no entanto, os gargalos também eram gerados pelo superprocessamento. Sendo assim, foi necessário o redimensionamento das equipes e implementado um sistema de gestão a vista para melhorar a transparência dos prazos e dimensionamento, realocando a mão de obra sempre que necessário.

No quadro da Figura 4, diariamente, eram discriminadas as torres, as etapas do projeto [alvenaria, laje, escada, graúte], a mão de obra envolvida com a descrição das funções de cada um, a equipe de segurança do trabalho. Esse método se mostrou assertivo no cumprimento de metas e redução dos tempos de espera por as frentes de trabalho disponíveis no dia e diminuiu as discussões internas sobre como seria feita a redistribuição.

Com a resolução do superprocessamento e a adoção da gestão a vista para maior controle dos prazos, o problema com a superprodução também foi minimizado. O quadro de alocação das equipes foi essencial para que isto ocorresse. As atividades de graute e reboco possuem insumos com validades curtas e, por isso, exigiram a implementação de um maior monitoramento da produção de cada equipe por hora.

Assim, foi possível programar a entrega correta junto às usinas de concreto levando a um maior controle dessa etapa. Com os quantitativos de materiais mais apurados, a melhoria da comunicação entre os setores de compras, planejamento, e os responsáveis pelo andamento da obra, os dados e informações ficaram mais precisos resultando na redução imediata dos insumos em excesso.

Para problemas mapeados para o estoque, optou-se pela organização dos materiais de acordo com a frente de trabalho (elétrica, hidráulica, cerâmica, gesso, dentre outras) em prateleiras identificadas com etiquetas. Assim, torna-se visualmente mais fácil de localizar os itens desejados e quais as quantidades disponíveis, além de ter um ambiente mais organizado que diminua os riscos de acidentes por colocar material em local impróprio e que facilite o descarregamento e armazenamento de novas cargas.

Tal ação foi baseada nos cinco sentidos: A partir do senso de utilização [“seiri”] foi eliminado tudo o que não era importante para a produção. A categorização por frente de trabalho para melhor localização dos itens é uma das premissas do senso de organização [“seiton”]. Qualquer sujeira ou bagunça em local de circulação é eliminada para manter o ambiente asseado, evitando tropeços ou outro acidente, de acordo com os sentidos de limpeza, saúde e padronização [“seiso” e “seiketsu”]. Ressalta-se que todos são responsáveis pela preservação da organização do estoque [senso de autodisciplina – “shitsuke”].

Além dos 5S, o controle de estoque foi melhorado por meio das linhas de balanço, técnica de programação que permitiu o planejamento das atividades futuras e maior precisão das datas de entrada de novas atividades e torna possível trabalhar com o estoque mínimo e controlado, diminuindo grandes volumes de insumos sem utilização (Moura e Heineck, 2014). Tais medidas também ajudaram a diminuir os gargalos relacionados a falta de material, pois estes eram repostos em tempo hábil.

Quanto às movimentações desnecessárias, Santana *et al* (2022) relatam números problemas relacionados a logística de material em seu estudo, fazendo com que aumentasse o tempo demandado na movimentação, dificuldade de circulação e maior número de atividades que não agregam valor e sugerem o uso das ferramentas Relatório A3 e Crono análise para diminuir estas atividades, o tempo de ciclo e dar foco no controle global, aspectos esses que tiveram os piores desempenhos.

Inicialmente foi feita a medição junto a um funcionário, para elaboração de um mapa de deslocamento e identificação do problema. A Figura 2, a seguir, mostra os deslocamentos feitos por ele ao longo de um dia de trabalho para idas ao banheiro e ao almoxarifado, antes e depois da mudança de layout.

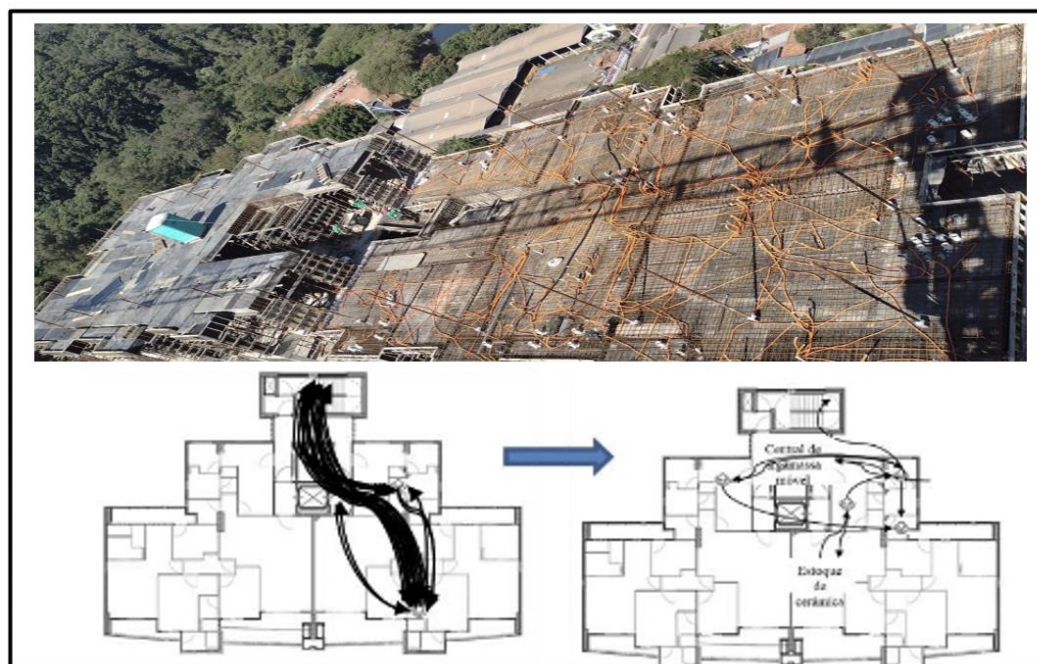


Figura 2. Mapa de deslocamento antes e depois

Fonte: Resultados originais da pesquisa

A distância, além de longa, era percorrida diversas vezes, reduzindo o tempo produtivo do funcionário. Com isto, foi discutida a possibilidade de aproximar o almoxarifado e o banheiro do local de trabalho. Esta mudança reduziu os tempos de deslocamento e aumentou o tempo de produção.

A diminuição de retrabalhos e perdas por defeito exigiu um trabalho conjunto de projetistas e equipe de qualidade e tinham como ponto crítico a execução dos graútes, conhecidos como pilares da alvenaria estrutural, eles são preenchidos com concreto da resistência prevista no projeto (Figura 3).

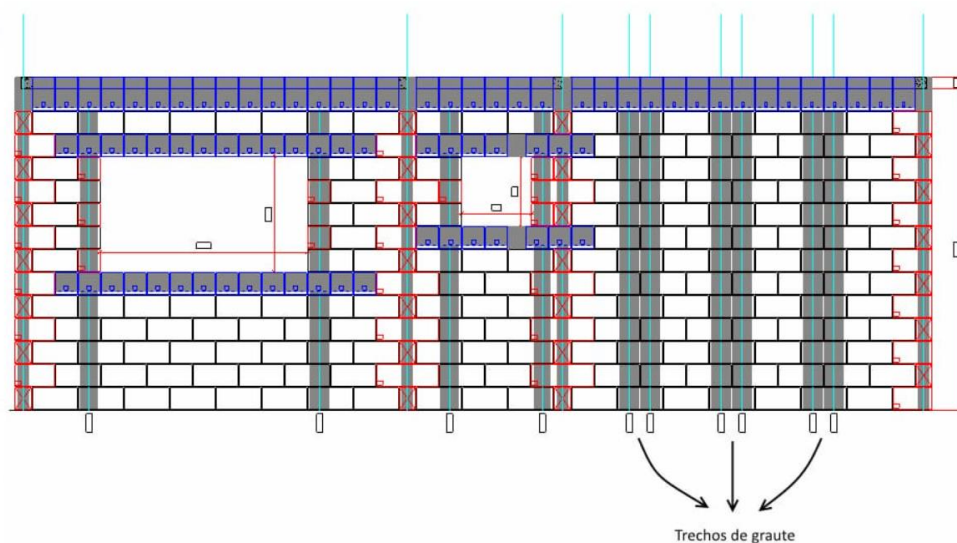


Figura 3. Execução de graúte.

Fonte: Resultados originais da pesquisa

O alvéolo do bloco junto com barra de ferro tem a mesma função de um pilar em comparação ao método tradicional. Para aumentar a produção de alvenaria estrutural, a execução do graúte era feita por cima da laje com todo o assoalho montado. O principal problema estava relacionado às bicheiras que ocorriam com o preenchimento inadequado do espaço com concreto nos pontos de graúte e gerava muito retrabalho.

Ele foi resolvido adaptando um concreto de característica mais fluida junto a concreteira e uso de vergalhão de aço para facilitar a penetração dele dentro dos alvéolos dos blocos de concreto. O novo processo foi validado com a direção dos outros setores e ajudou a eliminar os retrabalhos, mantendo a qualidade e atendendo às velocidades de execução desejadas.

Com relação ao desperdício de ordem intelectual, não foi adotada nenhuma medida de melhoria. As premissas do “Lean Construction” foram repassadas aos envolvidos e ajustadas durante as atividades operacionais cotidianas, sem qualquer treinamento prévio e sua concepção não teve o envolvimento de todos. Cabe reforçar que o treinamento contínuo é importante para garantir que tudo saia conforme o proposto e não comprometa os resultados e que a exploração das ideias e talentos de quem está diretamente em contato com as atividades pode mostrar pontos que precisam de melhorias e não foram percebidos pela gestão.

Conforme destacado previamente por Castro *et al.* (2019), é fundamental que essas mudanças sejam acompanhadas de treinamento para criação de uma cultura e que envolva todos os colaboradores. Principalmente porque a resistência à mudança de pensamento é um dos principais desafios percebidos por diversas empresas na implantação do “Lean Construction”.

### *Resultados alcançados pelo empreendimento*

No Brasil, Borges (2018) identificou que o pensamento enxuto melhora a performance do projeto, aprimora o planejamento e controle de produção, reestrutura o trabalho baseando os processos em redução de desperdício e geração de valor, fornecendo uma visão holística das necessidades dos clientes com rapidez, confiabilidade e qualidade. Além dos ganhos diretos sobre cada perda, a implementação de conceitos “Lean” no empreendimento

do estudo de caso trouxe resultados indiretos, que estão relacionados aos custos e qualidade percebida (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados da implementação do *Lean*

Resultados do “Lean”	Impactos	Ganhos potenciais no custo total da obra
Confiabilidade: cumprimento dos prazos e custos planejados	Eliminação de desvios de orçamento históricos em obras anteriores	-1% a - 6%
Redução de 1 a 2 meses do prazo	Redução de custos indiretos	-0,5% a -1%
10 a 30% de ganho de produtividade	Redução dos custos de mão de obra e equipamentos nos principais serviços	-1% a -2%
Melhoria de qualidade	Eliminação dos desperdícios de materiais, retrabalhos e custo de assistência técnica	-1% a -5%
Fluxo contínuo e redução de estoques	Otimização do fluxo de caixa e redução de custos financeiros	-0,5% a -1%

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Com 6 meses de implantação do processo Lean os indicadores começaram a apresentar grandes impactos positivos, como: custos reduzidos, prazos cumpridos, segurança do trabalho e sustentabilidade, gerando uma grande visibilidade na empresa por ser obra-modelo.

Os resultados alcançados estão de acordo com o preconizado por Martins *et al.* (2018), que ressaltaram a viabilidade do “Lean Construction” e os muitos benefícios ao canteiro de obra, sendo os principais: aumento da qualidade, maior produtividade, redução de custos, retrabalhos e prazo de entrega. Ribeiro *et al.* (2021) e Castro *et al.* (2019) também constataram aumento de produtividade em seus casos, além de eliminação dos desperdícios, maior qualidade nas entregas e mais eficiência na rotina de atividades.

Apesar disto, quantitativamente poderiam ser maiores, conforme mencionam Bajjou e Shafi (2021), Westerlon *et al* (2021) e Lohn *et al.* (2022) nos estudos apresentados a seguir. Há inúmeras possibilidades deduzidas para que os percentuais não sejam similares, tais como: a falta de treinamento da mão de obra para a implantação, falta de esforço coordenado ou graus de desperdícios menores que os empreendimentos de outros estudos, exigindo poucos ajustes.

Em um estudo realizado por Bajjou e Shafi (2021), os autores validaram o modelo de um projeto de construção tamanho médio no mundo real e fizeram uma simulação computacional no software ARENA, que modela incertezas relacionadas à duração, tempo, alocação de recursos, quantidade e fluxo. Os resultados apontaram melhorias de 41% na produtividade e 14% na eficiência dos processos, além de 17% de redução no tempo de ciclo (Bajjou e Shafi, 2021).

Westerlon *et al* (2021) analisaram a aplicação dos princípios “Lean Construction” em uma construtora. A empresa encontrou dificuldades na mudança de cultura dos colaboradores, assimilação e de aderência ao novo ritmo, mesmo diante dos percalços foram alcançadas muitas melhorias com a metodologia, tais como redução de 40% em desperdícios de superprodução, 20% em esperas, 29% em superprocessamento, de 50% em estoque desnecessário, 50% em retrabalho e 43% em intelectual. Não houve redução de desperdício de transportes pois a empresa sempre usou “layouts” planejados. O

cronograma de obra reduziu em 35%, o consumo de material em 20% e os custos de mão de obra em 40%.

Reduções de custo são apontadas por Lohn *et al.* (2022), cujos resultados da implantação apontaram redução no custo de mão de obra dos seguintes serviços de obras multiresidenciais: 38% no serviço de assentamento de janelas, 26% no de gesso acartonado, 30% na impermeabilização, 10% no revestimento cerâmico, 20% na pintura interna, 20% no piso laminado e 73% no retrabalho. Houve grande redução na variabilidade dos recursos e diminuição do tempo médio de serviço (-56%), com aumento da eficiência da produção e diminuição da quantidade média de serviços executados por um funcionário.

Na pesquisa de Ribeiro *et al.* (2021), o aspecto segurança do trabalho foi pouco citado e não houve observância a integração com o Lean. Os autores constataram que há muitos estudos focados na construção e pontuam que há uma necessidade de expandir pesquisas nas fases de pré e pós-obra.

Os resultados obtidos neste estudo de caso não foram quantificados em todas as etapas ou perdas, mas qualitativamente se assemelham ao que é preconizado na literatura. Além da minimização das perdas e redução dos custos, houve um aumento percebido na segurança do trabalho e nos pilares de sustentabilidade do empreendimento. Os resíduos gerados reduziram em aproximadamente 50%, o que foi constatado por meio da avaliação dos custos de caçamba e perdas de materiais. Uma das medidas que ajudou nesta redução foi a segregação de materiais recicláveis com bags de recolhimento para cada tipo de entulho, que eram distribuídos pelas torres através dos elevadores cremalheira.

Os resíduos sólidos gerados pela alvenaria, reboco, contrapiso, entre outros, eram direcionados para os dutos específicos de resíduos, que são lançados diretamente nas caçambas de aço e realizado o transporte horizontal até o local de disposição final licenciado pelos órgãos ambientais do município.

### *Barreiras e desafios para implantação do “Lean Construction” no empreendimento*

Como as mudanças para implantação do “Lean Construction” ocorreram em um curto período (2 meses), a cultura da empresa e funcionários foi o principal desafio a ser vencido. No início, os indicadores demoraram a apresentar resultados, que se tornaram perceptíveis somente após o alinhamento completo do processo, o que ocorreu em aproximadamente 6 meses.

Com isso, foi necessário um fluxo de caixa maior, pois houve um aumento de efetivo na compra de insumos por um determinado tempo. No setor de processos e controle de qualidade houve grande resistência no início, uma vez que foi necessária a realização de alguns testes de execução dos procedimentos que passaram por modificações. Após a conclusão das atividades eram feitas as discussões sobre as mudanças e sendo plausível, o procedimento era adaptado para a empresa em um todo.

A falta de resultados rápidos, recursos demandados e a resistência a mudanças foram elencados por outros autores como barreiras a essas mudanças. Além destas, outras barreiras foram listadas pelos autores. Ahmed *et al.* (2021) identificaram 41 desafios para implementação, sendo os principais: falta de conscientização, falta de habilidade, má gestão, cultura e atitude dos funcionários, recursos, técnicas e tecnologias antiquadas, equipamentos inadequados. O estudo relevou que, apesar de muitos participantes conhecerem o conceito *Lean*, não o praticavam. Além disto, pontuaram 7 benefícios da *Lean Construction* no país, principalmente relacionados a qualidade, segurança, custo, produtividade e sustentabilidade ambiental.

Albalkhy e Sweis (2021) identificaram 29 barreiras (17 relacionadas a ambiente interno, 5 ao trabalho, 3 a materiais e 4 exógenas). São elas: gestão inadequada de informações para

ciclo de aprendizado e ações corretivas, resistência a mudanças, liderança fraca e habilidades insuficientes, centralização da decisão, estrutura organizacional inadequada, mão de obra não especializada, treinamento insuficiente, alta rotatividade de funcionários, atrasos na entrega de materiais, uso limitado de técnicas de fabricação fora do local/falta de pré-fabricação, natureza fragmentada da indústria de construção e requisitos rigorosos na contratação.

Além das seguintes faltas: de foco no cliente, de consciência adequada sobre a *Lean*, de resultados rápidos ou parcialmente visíveis, de filosofia e planejamento a longo prazo, de planejamento para qualidade, de controle e identificação de resíduos, de envolvimento e transparência das partes envolvidas, de apoio e comprometimento da alta administração, de incentivo/motivação/salários baixos, de relacionamento de longo prazo com fornecedores, de integração nas aquisições e falta de incentivo do governo (Albalkhy e Sweis, 2021).

Com uma abordagem quantitativa, Bajjou e Shafi (2018) explorou o nível de conscientização de profissionais marroquinos sobre a construção enxuta, identificando barreiras críticas e benefícios potenciais de uma implementação bem-sucedida. Os autores coletaram 330 respostas válidas, dos quais 61% dos participantes conheciam as práticas de construção enxuta.

Os resultados apontaram que os principais desafios na implementação são desconhecimentos sobre a filosofia “Lean”, mão de obra não qualificada e insuficiência de recursos. Mas também retrataram o potencial de impacto positivo nas esferas da qualidade, segurança e meio ambiente. Para eles, o conhecimento das barreiras de implementação, ajudam os profissionais a direcionarem esforços e recursos para desenvolver estratégias apropriadas para superá-las.

O empreendimento deste estudo de caso foi considerado como uma obra-modelo na implantação do “Lean Construction”, que atualmente é reproduzido em outros projetos da mesma construtora e tem apresentado benefícios na redução de custo, mesmo com alguns pontos que carecem de melhorias, como o treinamento da mão de obra.

#### *Limitações do estudo e futuras pesquisas*

Uma das limitações encontradas no estudo foi o acesso apenas aos valores percentuais informados pela empresa, em vez dos valores orçamentários como custo de implantação do “Lean Construction”, valores absolutos de ganhos e desperdícios. Para resolver essa limitação, sugere-se que futuros estudos tenham acesso a esses valores, a fim de obter uma análise mais precisa dos resultados. Além disso, o estudo foi realizado em apenas um empreendimento residencial, o que pode limitar a generalização dos resultados. Para superar essa limitação, sugere-se que futuros estudos sejam realizados em diferentes tipos de empreendimentos e em diferentes regiões, a fim de obter uma visão mais ampla da aplicação do “Lean Construction”.

#### **4. Considerações finais**

Esta pesquisa descreveu a adoção do “Lean Construction” em um empreendimento residencial de Araraquara, identificando seus benefícios, barreiras de implementação e ferramentas utilizadas. A literatura sobre o tema destaca que a construção enxuta é composta por um conjunto de técnicas integradas entre si que promovem a eliminação ou mitigação de desperdícios relacionados a espera, superprocessamento, superprodução, estoque, movimentações/transporte, defeito/retrabalho e capital intelectual. No entanto, é comum que em empresas apliquem as técnicas isoladamente afirmando-se como enxutas. No

empreendimento foram utilizados linha de balanço, gestão visual, padronização, uso de pequenos lotes, “Kanban”, Percentual de Planejamento Concluído [PPC], reorganização do layout e estoque com uso dos 5 sentidos que trouxeram melhoraram a confiabilidade, a qualidade, aumentaram a produtividade, reduziram prazos e custos. Ao analisar os resultados, constatou-se que apesar da redução dos custos, aumento da transparência e produtividade, em termos percentuais ficaram aquém dos relatos encontrados em outros estudos. No que se refere ao desperdício de capital intelectual, não foi adotada nenhuma medida pela empresa e não houve treinamento dos funcionários, mesmo a cultura deles sendo uma das principais barreiras para o “Lean”. O que possivelmente pode estar relacionado a este desempenho mais baixo que as implantações em outras empresas. Ainda assim, mesmo sem considerar todos os desperdícios, os benefícios do “Lean Construction” e a redução nos custos foram tão evidentes para a empresa e organização dos processos, que a obra se tornou referência para outros projetos da construtora, que passaram a adotar as mesmas técnicas no planejamento e organização.

## 5. Referências

- Ahmed, S.; Hossain, M.; Haq, I. 2021. Implementation of lean construction in the construction industry in Bangladesh: awareness, benefits, and challenges. *International Journal of Building Pathology and Adaptation* 39(2):368-406.
- Albalkhy, W.; Sweis, R. 2021. Barriers to adopting Lean Construction in the construction industry: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma* 12(2):210-236.
- Ansah, R.H.; Sorooshian, S. 2017. Effect of Lean Tools to Control External Environment Risks of Construction Projects. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 32: 348-356.
- Bajjou, M. S.; Chafi, A. 2018. Lean Construction implementation in the Moroccan construction industry. *Journal of Engineering Design and Technology* 16(4):533-556.
- Bajjou, M. S.; Chafi, A. 2021. Lean Construction and simulation for performance improvement: a case study of reinforcement process. *International Journal of Productivity and Performance Management* 70(2):459-487.
- Ballard, G.; Howell, G. 2003. Lean Project Management. *Building Research & Information*. 31(2): 119-133.
- Ballard, G.; Tommelein, I.; Koskela, L.; Howell, G. 2007. Lean Construction Tools and Techniques Design and Construction. 251-279.
- Borges, M. L. C. 2018. A aplicação da filosofia Lean Construction em empresas baianas: um estudo comparativo com o cenário brasileiro. Dissertação de mestrado em Engenharia Industrial, Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.
- Caldera, H.; Desha, C.; Dawes, L. 2017. Exploring the Role of Lean Thinking in Sustainable Business Practice: A Systematic Literature Review. *Journal Of Cleaner Production*, Vol. 167, Pp. 1546-1565.
- Castro, A. P. G. R.; Guedes, E.; Trombine, J. 2019. Aplicação da metodologia Lean Construction: estudo de caso em uma empresa de blocos no sul de Minas Gerais. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha, Minas Gerais, Brasil.
- Clemente, J. 2012. Sinergias BIM-*Lean* na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização: um caso de estudo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.



Francis, A.; Thomas, A. 2020. Exploring the relationship between lean construction and environmental sustainability: A review of existing literature to decipher broader dimensions. *Journal of Cleaner Production* 252:119913.

Howell, G. 1999. What is Lean Construction. IGLC-7: Califórnia, Estados Unidos da América.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE]. 2020. PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?t=destaques>> Acesso em 25 outubro 2022.

Koskela, L. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report #72. Stanford University, setembro, 1992. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Lauri-Koskela-2/publication/243781224\\_Application\\_of\\_the\\_New\\_Production\\_Philosophy\\_to\\_Construction/links/5bcd97a792851cae21b8dd9a/Application-of-the-New-Production-Philosophy-to-Construction.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lauri-Koskela-2/publication/243781224_Application_of_the_New_Production_Philosophy_to_Construction/links/5bcd97a792851cae21b8dd9a/Application-of-the-New-Production-Philosophy-to-Construction.pdf)> Acesso em 25 out. 2022.

Li, S.; Fang, Y.; Wu, X. 2020. A systematic review of lean construction in Mainland China. *Journal of Cleaner Production* 257:120581.

Lohn, J.; Martins, L. Tolêdo, J. H. D. 2022. Implementação de práticas *Lean Construction* em obras residenciais multifamiliares em Florianópolis - estudo de caso. *Revista Brasileira de meio ambiente & sustentabilidade* 2(1):251-301.

Mano, A. P.; Costa, S. E. G.; Lima, E. P. 2020. Criticality assessment of the barriers to Lean Construction. *International Journal of Productivity and Performance Management* 70(1):65-86.

Martins, J. B.; Demétrio, J. C. C.; Demétrio, F. J. C. 2018. Lean Construction: Uma análise comparativa em canteiros de obra de São Luís-MA. *Revista de Engenharia Civil* 54:36-45.

Moura, R. de S. L. M.; Heineck, L. F. M. 2014. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, XV, 12 a 14 nov. 2014, Maceió, Alagoas, Brasil. Anais[...] Maceió, Alagoas.

Pereira, P. I. R. 2023. Lean Construction aplicado a uma indústria de pré-moldados: uma análise de consumo e perda do aço. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. 2013. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. edição. – Novo Hamburgo: Feevale.

Ribeiro, A. A.; Quelhas, O. L. G.; Lima, F. M. S. S.; Villela, L. T. 2021. *Lean Construction* na indústria da construção civil brasileira: uma revisão de literatura. *Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão* 6(2):01-24.

Santana, C. B.; Rocha, G.; Silva, M. T. Souza, P. A. 2022. Análise dos onze princípios da *Lean Construction* no canteiro de obras e propostas de melhorias. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário do Sul de Minas. Varginha, Minas Gerais, Brasil.

Sarhan, J.; Xia, B.; Fawzia, F.; Karim, A. 2017. Learn Construction Implementation in The Saudi Arabian Construction Industry. *Construction Economics and Building*. 17(1):46-69.

Silva, E. N.; Mello, L. C. B. B. 2021. Proposta de um sistema de gestão integrando os princípios da construção enxuta (Lean Construction) aos aspectos da gestão da qualidade, segurança, meio ambiente e saúde ocupacional, com o foco nas empresas de pequeno porte da construção civil. *Brazilian Journal of Development* 7(8):79384-79414.

Vasconcelos, I. 2022. Informativo Econômico 04/03/2022. SENAI/CBIC. Disponível em <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2022/03/informativo-economico-pib-04-marco-2022.pdf>> Acesso em 25 outubro 2022.

Tezel, A.; Koskela, L.; Aziz, Z. 2018. Lean thinking in the Highways Construction sector: Motivation, Implementation and Barriers. *Production Planning & Control*. 29 (3): 247-269.

Tezel, A.; Aziz, Z. 2017a. Benefits Of Visual Management In Construction: Cases from the transportation sector in England: *Construction Innovation*. *Construction Innovation*. 17 (2): 125-157.

Vegara, S. C. 2010. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração*. 12<sup>o</sup> ed. São Paulo: Atlas.

Westerlon, A. A.; Drehmer, L. E.; Tolêdo, J. H. D. 2021. Análise dos princípios do Lean Construction em uma construtora na grande Florianópolis-SC. *Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade* 1(5):197-247.

Wu, X.; Yuan, H.; Wang, G.; Li, S.; Wu, G. 2019. Impacts of Lean Construction on Safety Systems: A System Dynamics Approach. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16 (221): 1-16.