

PRINCIPAIS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE PLANEJAMENTO, E CONTROLES DE PRODUÇÃO E DE QUALIDADE, COM BASE NO LEAN CONSTRUCTION.

MAIN COMPUTATIONAL TOOLS FOR PLANNING, AND PRODUCTION AND QUALITY CONTROLS, BASED ON LEAN CONSTRUCTION

Cardoso, M. T. S. ¹

Graduando da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Pinheiro, V. R. ²

Graduando da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Roriz, P. J. M. ³

Professor, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ vitor.rpinheiro10@gmail.com; ² turlhereng@gmail.com; ³ professorpaulororiz@gmail.com;

RESUMO: Este artigo teve o objetivo de analisar as principais ferramentas computacionais utilizadas no planejamento e controles de produção e qualidade, com base no Lean Construction. A metodologia utilizada consistiu em uma revisão bibliográfica e análise de estudos de casos que exploravam as diversas ferramentas tecnológicas disponíveis no mercado e sua aplicação prática, na gestão da produção e qualidade de projetos de construção, com foco na abordagem Lean Construction. Assim, foi possível pesquisar algumas das principais ferramentas computacionais voltadas para o planejamento, programação, controle e melhoria contínua dos processos produtivos, atualmente, na indústria da construção. Os resultados indicaram que as ferramentas computacionais baseadas no Lean Construction desempenham um papel fundamental na construção civil, em redução de desperdícios, aumento da eficiência operacional e melhoria da qualidade. Essas ferramentas permitem, ainda, uma melhor visualização e gestão detalhada dos processos produtivos, auxiliando no monitoramento dos fluxos de trabalho, nos controles e tomadas de decisões mais assertivas. A adoção dessas ferramentas contribui, efetivamente, para a melhoria contínua dos processos, aumentando a eficiência e a produtividade na construção civil. No entanto, é importante ressaltar que há necessidade de capacitação dos profissionais envolvidos para o correto uso e implementação dessas ferramentas, a fim de obter os benefícios esperados e alcançar resultados positivos, na gestão da produção e da qualidade.

Palavras-chaves: Ferramentas computacionais, planejamento, controle de produção e qualidade, Lean Construction, indústria da construção.

ABSTRACT: This article aimed to analyze the main computational tools used in planning and production and quality controls, based on Lean Construction. The methodology used consisted of a bibliographical review and analysis of case studies that explored the various technological tools available on the market and their practical application, in the management of production and quality of construction projects, focusing on the Lean Construction approach. Thus, it was possible to research some of the main computational tools aimed at planning, programming, control and continuous improvement of production processes, currently, in the construction industry. The results indicated that computational tools based on Lean Construction play a key role in reducing waste, increasing operational efficiency and improving quality in civil construction. These tools also allow for better visualization and detailed management of production processes, helping to monitor workflows, controls and more assertive decision-making. The adoption of these tools effectively contributes to the continuous improvement of processes, increasing efficiency and productivity in civil construction. However, it is important to emphasize that there is a need to train the professionals involved in the correct use and implementation of these tools, in order to obtain the expected benefits and achieve positive results in production and quality management.

Keywords: Computational tools, planning, production and quality control, Lean Construction, construction industry.

Área de Concentração: Planejamento e Controle.

2 INTRODUÇÃO

Uma pesquisa feita pelo Construction Industry Institute apontou que até 58% do tempo total de produção de uma obra é gasto com atividades que não agregam valor ao produto final. Ou seja, mais da metade do tempo de uma obra é gasto com coisas que não valorizam o imóvel. Mesmo com os avanços da tecnologia e dos processos, a construção civil ainda está num estágio em que há muito desperdício, tanto de tempo quanto de recursos. Nessa realidade é que a Lean Construction veio para mudar a forma como o mercado enxerga e realiza o processo construtivo (C.I.I., 2022).

Originada em 1992, a Lean Construction, também conhecida como Construção Enxuta, começou a se desenvolver no Mundo, na área de gestão de produção, para as empresas de construção que buscavam uma melhoria e maior assertividade, em seus sistemas de gestão de qualidade, produção e segurança.

No Brasil, a indústria da construção civil é um dos setores com maior importância em sua Economia, sendo responsável por 19,26% do PIB brasileiro. Entretanto, o gerenciamento e o planejamento de muitas obras ainda são feitos de forma intuitiva e improvisada, nos dias atuais, apresentando baixa qualidade, pequena produtividade e altos custos, além de significativo índice de desperdícios.

Entretanto, desde o seu surgimento, segundo o Centro de Tecnologias de Edificações – CTE (2022), as empresas de construção civil que utilizaram a metodologia da Lean Construction, tiveram ganhos de 30% a 80% em sua produtividade, além da diminuição significativa no prazo de execução e nos custos de obra. Nesse sentido, o engenheiro Renato Mariz, líder de uma expressiva construtora brasileira, afirmou que, com a Lean Construction, obteve reduções de cerca de 70% dos tempos parados, por espera de materiais na obra (CTE – Centro de Tecnologia de Edificações, 2022).

O Lean Construction trouxe diversos benefícios para o Setor, quando foi introduzido na Construção Civil, porque a metodologia agregou o estudo dos diversos aspectos de uma obra, antes mesmo de seu início. Sabe-se que, hoje, o mercado possui grande concorrência e isso exige das empresas prazos exíguos, menores desperdícios, melhor qualidade do produto e uma alta produtividade das equipes de produção.

Quando Koskela (1992) trouxe o Lean Construction para a construção civil, ela se destacou de maneira abrangente e o mercado acabou selecionando os melhores princípios para atender aos clientes, criando os fundamentos do que hoje se denomina “obra enxuta”.

É possível identificar quais as ferramentas atuais que estão disponíveis no mercado, para o controle de produção e qualidade dos serviços na obra, com base no Lean Construction? Diante disso, os objetivos Gerais são: Levantar quais são as ferramentas computacionais existentes no mercado da construção civil, para controle da produção e qualidade dos serviços na obra, em consonância com os princípios do Lean Construction, e avaliar suas vantagens e quais os resultados de sua utilização.

Desde a década de 90, a Lean Construction surgiu como uma adaptação dos conceitos do Sistema Toyota de Produção à construção civil, desenvolvidos no Japão, especificamente, na produção automobilística. Com o seu surgimento, o mercado de trabalho passou a ser cada vez mais vigoroso, o que fez com que as empresas procurassem novas maneiras de se adaptar à crescente competitividade, reduzindo seus custos, usando novos produtos e adotando ferramentas inovadoras.

Posteriormente, quando a indústria da construção civil passou por momentos de instabilidade, quanto a preços de mão de obra, disponibilidade de materiais e aquisição de equipamentos, reforçou-se a tese de que as empresas deveriam investir em modelos de produção que proporcionassem o menor desperdício possível, aumentassem a qualidade dos serviços e diminuíssem o tempo de execução de suas obras.

Segundo Isatto et al. (2000):

Foi dentro desse cenário de difundir os conceitos do Sistema Toyota de Produção que Hauri Koskela, um pesquisador finlandês, em 1992, publicou seu trabalho “Application of the new production philosophy in the construction industry”.

Diante disso, empresas que estavam no mercado, há mais tempo, adotaram a filosofia do Lean Construction, em seus processos produtivos. A filosofia da Construção Enxuta se propõe a dissociar, do processo produtivo, todas as atividades que não agregam valor ao produto final, tornando-as mais visíveis, até o ponto de serem eliminadas. Com isso, as empresas conseguem reduzir os custos de suas obras e aumentar sua competitividade, no mercado.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sistema Lean, originalmente desenvolvido para a indústria manufatureira, tem sido amplamente aplicado e comprovado por meio de numerosos estudos. Essa abordagem tem despertado interesse na indústria da construção civil, sendo adaptada e adotada como Construção Enxuta, devido aos seus benefícios na gestão de processos (GONÇALVES, 2009).

A Construção Enxuta baseia-se nos princípios do Lean, que visam eliminar desperdícios, otimizar o fluxo de trabalho e aumentar a eficiência em toda a cadeia produtiva. Ao aplicar esses princípios à construção civil, é possível alcançar melhorias significativas na produtividade, qualidade e prazos de entrega dos projetos (NUNES, 2010).

Além disso, a Construção Enxuta incentiva a colaboração e a comunicação efetiva entre as equipes envolvidas no projeto, desde os projetistas até os operários da construção. Através da aplicação de ferramentas e práticas como o Last Planner System, Kanban, 5S e mapeamento de fluxo de valor, é possível melhorar o planejamento, o controle e a

coordenação das atividades, evitando a ocorrência de gargalos e atrasos (GONÇALVES, 2009).

RECURSOS DE CONTROLE DAS FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

O sistema Lean e a utilização de recursos de controle das ferramentas computacionais desempenham um papel fundamental na gestão eficiente dos processos na indústria. O sistema Lean, baseado em princípios como a eliminação de desperdícios e a busca contínua por melhorias, visa maximizar o valor para o cliente, reduzir custos e aumentar a eficiência operacional. Nesse contexto, as ferramentas computacionais desempenham um papel crucial, pois fornecem recursos de controle e monitoramento dos processos, permitindo uma análise mais detalhada e uma tomada de decisão mais assertiva.

Por meio das ferramentas computacionais, é possível realizar o planejamento e o controle da produção, bem como o acompanhamento do fluxo de trabalho. Essas ferramentas oferecem recursos para programação das atividades, alocação de recursos, acompanhamento do progresso das tarefas e análise de desempenho. Além disso, permitem a coleta de dados em tempo real, o que possibilita uma visão mais precisa e atualizada do andamento dos projetos.

2.1 Controle de Produção e Qualidade

- **FVS**

A Ficha de Verificação de Serviço (FVS) é uma ferramenta utilizada na gestão de canteiros de obras, para verificar a qualidade e o cumprimento das normas técnicas de execução, em cada frente de serviço. Conforme orientação específica do documento, ao seguir o passo a passo sugerido para a execução do serviço, o operário consegue obter o resultado final almejado e mais assertivo. A Figura 1 mostra, a seguir, uma Ficha de Verificação Serviço voltada para a montagem de formas, em um edifício.

- **LINHA DE BALANÇO**

A Linha de Balanço é uma ferramenta utilizada no planejamento e controle de projetos com atividades repetitivas e que serão executadas, repetidamente, por um longo período da obra, tais como: estruturas, mão de obra bruta, alvenaria, prumadas, contrapiso, contramarco, impermeabilização, reboco, esquadrias, pintura. Para projetos com essas características, essa técnica é a mais indicada, pois tem vantagens como elaboração e acompanhamento, além de facilitar a interpretação das atividades. Esta técnica de programação é uma das mais conhecidas e executadas nos projetos de construções lineares (PRADO, 2002).

Figura 1.

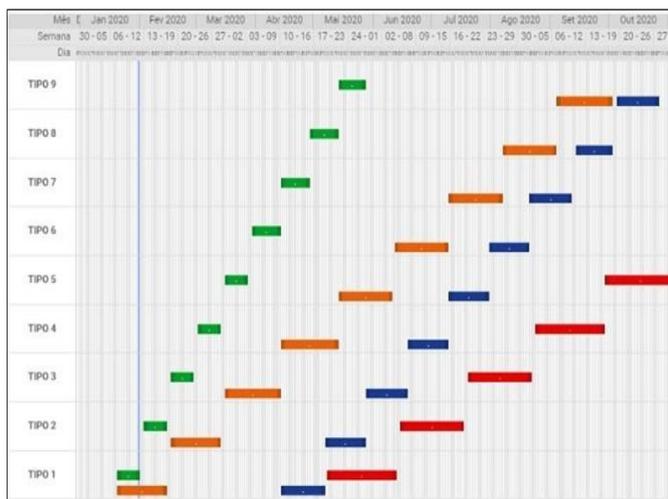
Instruções de preenchimento:				Data de início do serviço:	
<small>Assinatura do responsável técnico, Data de emissão, Número de controle e de projeto</small>				<small>Local de inspeção</small>	
Item	Inspecção	Tolerância			
1	Transporte de eixos para pavimento	Verificar, por meio de prumo de centro, o prumo de referência do pavimento.	± 1mm	○	
2		Verificar, por meio de trena metálica, o esquadro de referência do pavimento.	± 1mm	○	
3		Verificar, por meio de trena metálica, a locação do gastaço.	± 2mm	U.A.	
4	Gastaço	Verificar visualmente a fixação do gastaço.	-	U.A.	
5		Verificar visualmente a rigidez das formas dos planos de periferia.	-	U.A.	
6		Verificar visualmente a aplicação de vedação sob o gastaço.	-	U.A.	
7	Dimensões - degraus	Verificar, por meio de trena metálica, a dimensão dos espelhos e picos dos degraus, em acordo com dimensão de projeto.	± 3mm	○	
8	Encontro pilar x viga	Verificar visualmente a existência de frestas entre as peças.	-	○	
9	Posicionamento forma pilar	Verificar, por meio de trena metálica, a posição da forma em relação ao eixo do pavimento.	± 1mm	U.A.	
10	Travamento de formas pilar (Fixação)	Verificar visualmente a instalação de alinhadores / sanduíches.	-	U.A.	
11		Verificar visualmente a instalação de barra de ancoragem + porca.	-	U.A.	
12	Pilar	Conferir, por meio de trena metálica, as dimensões da "boca do pilar".	± 3mm	U.A.	
13		Conferir, por meio de prumo de face, o prumo final do elemento.	± 1mm	U.A.	
14	Alinhamento de vigas	Verificar, por meio de trena metálica e linha, o alinhamento das formas de vigas.	± 3mm	○	
15	Nivelamento	Verificar, por meio de nível, o fundo de vigas.	± 3mm	○	
16		Verificar, por meio de nível, o fundo de lajes.	± 3mm	○	
17	Travamento de formas vigas e lajes	Verificar visualmente a instalação de barras de ancoragem e cunhas.	-	○	
18	Escoramento	Verificar visualmente, o número de escoras, conforme projeto.	-	○	

Fonte: Acervo próprio, 2022.

No Brasil, a técnica de Linha de Balanço ainda é pouco aplicada. Entretanto, ela vem adquirindo espaço nos canteiros de obra, pois não se encontra, com facilidade outra técnica de programação que permite a interpretação de tantos tipos de informações de uma só vez (MATOS, 2006, p. 30).

A principal ideia da linha de balanço, conforme mostra a Figura 2, é identificar todos os componentes necessários para um planejamento de obra, entre eles, são: O que deve ser feito; quem deve fazer; onde fazer; quando fazer?

Figura 2 – Linha de Balanço



Fonte: www.prevision.com.br/blog/linha-de-balanco-o-que-e/

- **LAST PLANNER SYSTEM**

O sistema Last Planner tem como objetivo criar um ambiente de produção confiável, por meio da diminuição da variabilidade do fluxo do trabalho. É um sistema que tem visão futura da obra e é dividido em três etapas: longo prazo, médio prazo e curto prazo.

Formoso (2010) menciona que o Last Planner System foi desenvolvido por dois americanos: Glem Ballard e Howell, em 1994, e, de acordo com Deschamps (2015), para que o plano e o controle das unidades de produção sejam eficientes e eficazes, o planejador deve preocupar-se com quatro requisitos, que são:

- Toda tarefa deve ser bem estabelecida;
- O trabalho deve ser realizado na sequência correta;
- Deverá ser estipulada a quantidade correta;
- Todo trabalho deverá ser praticável ou executável.

- **PPC - PERCENTUAL DE PLANEJAMENTO CONCLUÍDO**

Dentro da técnica de Percentual de planejamento concluído (PPC), é utilizado o planejamento de curto prazo, pois as metas operacionais a serem cumpridas, geralmente, são diárias e semanais. Com isso, gera preocupações em bater metas com o que foi programado semanalmente, fazendo com o que, as suas tarefas sejam concluídas com sucesso, no final do mês.

- **ANDON**

A ferramenta ANDON, usualmente, é aplicada juntamente com o sistema “5S”, uma vez que as suas filosofias produzem mais resultados quando aplicadas simultaneamente. Conhecida como uma ferramenta de “gerenciamento visual”, a técnica auxilia na visualização de possíveis problemas na produção, ou ainda, no simples monitoramento do processo produtivo (LIKER; MEIER, 2007).

De acordo com Brito (2008), ela é capaz de indicar a existência de anormalidades (problemas nas máquinas, erros e atrasos de operadores, falta de matéria prima) e o status da produção (quais máquinas estão operando e quais não estão), conforme exposto na Figura 3.

Figura 3



Fonte: silo.tips/download/o-uso-do-andon-na-construcao-civil.

Usualmente, o ANDON, é constituído por 3 tipos de cores sendo elas: Verde (pavimento está tudo sobre controle), Amarela (pavimento está caminhando na falta de mão de obra ou material) e Vermelha (pavimento está parado por falta de material, mão de obra e até mesmo acidentes).

- **AUTODOC**

Trata-se de uma ferramenta da empresa AUTODOC PROJETOS, que é usada para exercer o controle de projetos. Ultimamente, ela é uma opção bastante concorrida, no mercado, e sua principal função é manter os projetos organizados, sendo assim, incluem-se as revisões e compatibilização de projetos.

Figura 4.



Fonte: <https://plataforma.autodoc.com.br>

Este é um software voltado para a gestão de qualidade feita com a finalidade de aprimorar os processos,

reduzir os custos e riscos, em empresas de construção civil. Dentro dessa plataforma, ficam armazenados os documentos da empresa e os Procedimentos de Execução e Inspeção de Serviço (PEIS) e, com isso, é possível realizar uma gestão de auditoria interna e externa e, conseqüentemente, oferecer um controle adequado e sugerir uma organização e a padronização de documentos. A Figura 5 reproduz o slide de entrada no software mencionado, tal como aparece na tela virtual do computador.

Figura 5 – DOCNIX



Fonte: <https://docnix.com.br/>

- **INTRANET**

Esta é uma ferramenta onde restam constituídas todas as informações internas de uma empresa e, com isso, ela consegue reunir todas as pesquisas feitas e os dados internos relacionados a determinado aspecto, mostrando os resultados mensais obtidos por ela, em cada departamento.

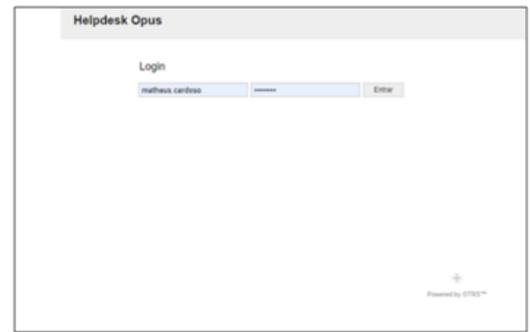
Figura 6.



Fonte: opusic.sharepoint.com/SitePages/default.aspx

O Help Desk é uma ferramenta que organiza e otimiza a comunicação com o cliente, uma vez que centraliza suas solicitações e principais dúvidas em uma única plataforma e, assim, permite que a equipe de atendimento ofereça a melhor experiência possível para seus clientes.

Figura 7.



Fonte: <https://helpdesk.com.br>

1.1 Controle de Desperdícios

Os desperdícios na construção civil são variados e surgem no processo executivo da obra. No entanto, eles devem ser evitados no máximo, pois causam prejuízo. Com um levantamento, orçamentos e planejamento, são as bases forte para controlar a perda e com isso economizar o máximo na obra. Segundo Arantes (2008), na construção civil, os desperdícios são divididos em três grupos:

- a) Desperdícios de fluxo (tempo);
- b) Transformação (material);
- c) Valor.

Figura 8.

1	Desperdício de material	Transformação	Fluxo	
2	Uso de material indevido			
3	Uso de maquinário, energia e MO indevidos			
1	Movimentação desnecessária (de pessoas)	De Trabalho		
2	Trabalho desnecessário			
3	Trabalho ineficiente			
4	Espera			
5	Espaço não sendo trabalhado	De Produto		
6	Materiais não sendo processados			
7	Transporte desnecessário (de material)			
1	Falta de Qualidade	Produto Final		Valor
2	Falta de Intenção de uso			
3	Emissões prejudiciais			
4	Lesões e Doenças relacionadas ao trabalho			
		Subpro		
		duo		

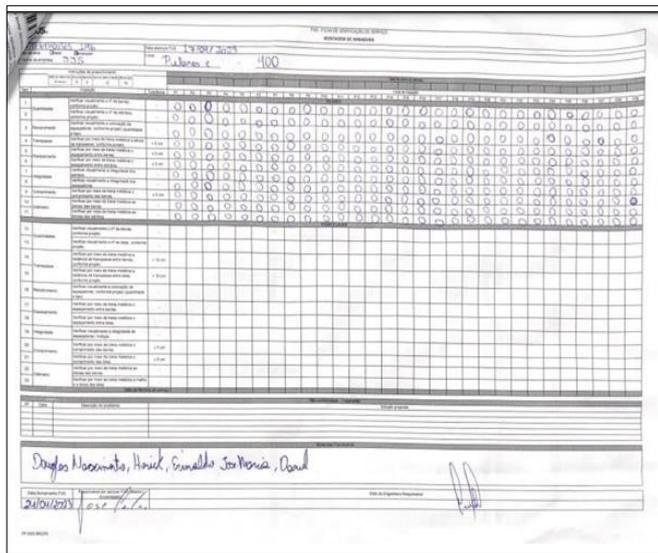
Fonte: Adaptado de Bolviken, Rooke e Koskela (2014 apud DESCHAMPS,2015).

A Ficha de Verificação de Serviço (FVS) é uma ferramenta utilizada na gestão de canteiros de obras, para verificar a qualidade e o cumprimento das normas técnicas de execução, em cada frente de serviço. Conforme orientação específica do documento, ao seguir o passo a passo sugerido para a execução do serviço, o operário consegue obter o resultado final almejado e mais assertivo.

De acordo com o estudo de caso, vimos que a FVS é bem assertiva em relação ao recebimento de serviço,

pois mostra onde o serviço foi reprovado e quais as soluções necessárias para corrigir, além disso, evita retrabalho na obra, o que matem o orçamento executivo da obra.

Figura 9.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

- **LINHA DE BALANÇO**

A Linha de Balanço é uma ferramenta utilizada no planejamento e controle de projetos com atividades repetitivas e que serão executadas, repetidamente, por um longo período da obra, tais como: estruturas, mão de obra bruta, alvenaria, prumadas, contrapiso, contramarco, impermeabilização, reboco, esquadrias, pintura. Para projetos com essas características, essa técnica é a mais indicada, pois tem vantagens como elaboração e acompanhamento, além de facilitar a interpretação das atividades.

De acordo com o estudo de caso, verificamos que a linha de balanço (LOB) tem uma visão geral da obra, no qual podemos é acompanhada nas reuniões diárias e mostra quando o serviço da obra será iniciado, tendo em vista a antecipação com material, mão de obra, custo, levantamentos. Para que, quando chegar a data inicial do serviço, não ter nenhuma surpresa e ocorrer de acordo com os dias certo de cada frente de serviço.

- **LAST PLANNER SYSTEM**

O sistema Last Planner tem como objetivo criar um ambiente de produção confiável, por meio da diminuição da variabilidade do fluxo do trabalho. [

Figura 9.

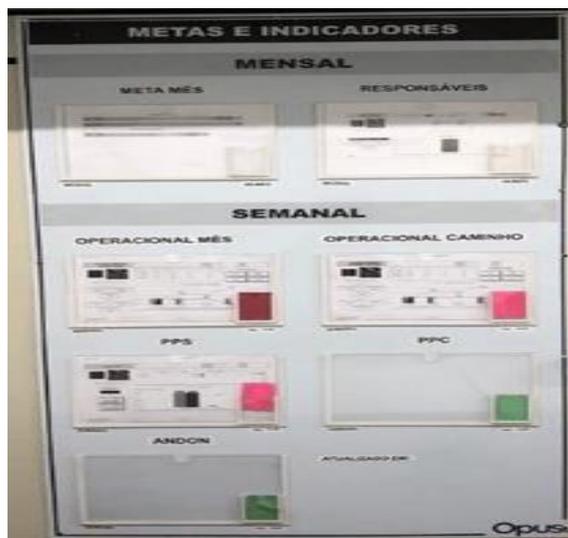


Fonte: Acervo próprio, 2023.

No Estudo de caso, verificou-se que o Last Planner, juntamente com a Linha de Balanço (andam lado a lado). a) Toda tarefa deve ser bem estabelecida; b) O trabalho deve ser realizado sequencialmente correto; c) Deverá ser estipulada a quantidade correta; d) Todo trabalho deverá ser praticável ou executável.

- **PERCENTUAL DE PLANEJAMENTO CONCLUÍDO (PPC)**

Figura 10.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

Estudo de caso: Dentro da técnica de Percentual de planejamento concluído (PPC), é utilizado o planejamento de curto prazo, pois as metas operacionais a serem cumpridas geralmente são diárias e semanais. Com isso, gera preocupações em bater metas com o que foi programado semanalmente, fazendo com o que, as suas tarefas sejam concluídas com sucesso final do mês.

Realmente, as atividades que não bateram metas prevista na semana, verificamos que a empresa faz um

plano de ação , para que a meta seja recuperada na semana seguinte. Isso faz com o que a linha de balanço e o operacional mantem alinhados.

- **ANDON**

A ferramenta ANDON, usualmente, é aplicada juntamente com o sistema “5S”, uma vez que as suas filosofias produzem mais resultados quando aplicadas simultaneamente De acordo com Brito (2008), ela é capaz de indicar a existência de anormalidades (problemas nas máquinas, erros e atrasos de operadores, falta de matéria prima) e o status da produção (quais máquinas estão operando e quais não estão), Estudo de caso: No andon , podemos verificar colonas onde possui as cores(vermelhas , amarelas e verdes) , o pavimento, e os serviços no qual está rolando. Podemos dar mais atenção nesse painel e observar quais frente de serviços está quase parando , qual está em andamento , qual está parada , se teve acidente de trabalho.

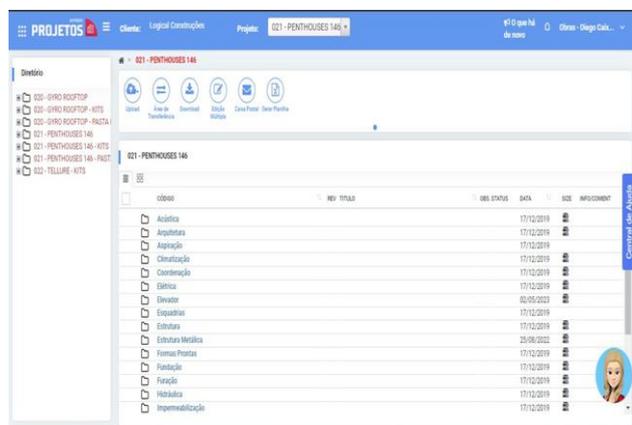
Figura 11.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

- **AUTODOC**

Figura 12.



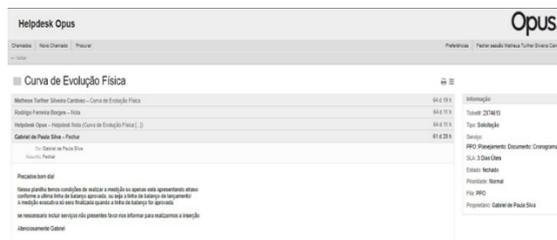
Fonte: Acervo próprio, 2023.

Estudo de caso:

Trata-se de uma ferramenta da empresa AUTODOC PROJETOS, que é usada para exercer o controle de projetos. Ultimamente, ela é uma opção bastante concorrida, no mercado, e sua principal função é manter os projetos organizados, sendo assim, incluem- se as revisões e compatibilização de projetos.

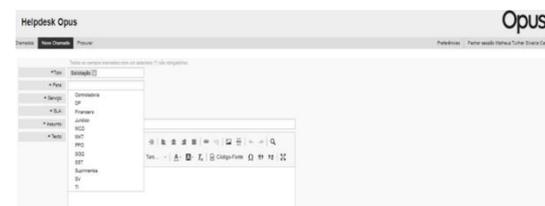
- **HELP DESK**

Figura 12.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

Figura 13.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

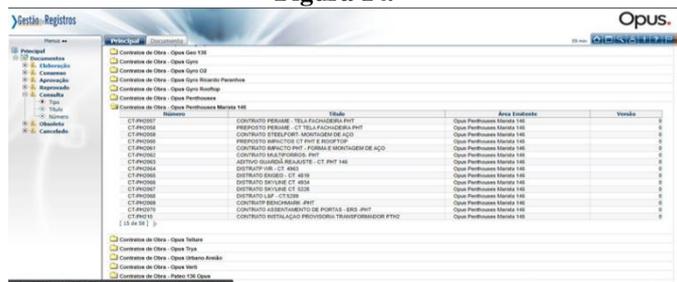
Estudo de caso: o *Help Desk* é uma ferramenta no qual ajuda os administrativos da obra a tirar dúvida em relação a projetos, pagamentos, levantamentos. Quem acaba respondendo os helps são pessoal (chefes) dos departamentos relacionado as dúvidas. (planejamento , suprimento, TI, controladoria, SSGT, SGQ, suprimentos.

- **INTRANET**

Esta é uma ferramenta onde restam constituídas todas as informações internas de uma empresa e, com isso, ela consegue reunir todas as pesquisas feitas e os dados internos relacionados a determinado aspecto, mostrando os resultados mensais obtidos por ela, em cada departamento.

- **DOCNIX**

Figura 14.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

Este é um software voltado para a gestão de qualidade feita com a finalidade de aprimorar os processos, reduzir os custos e riscos, em empresas de construção civil. Dentro dessa plataforma, ficam armazenados os documentos da empresa e os Procedimentos de Execução e Inspeção de Serviço (PEIS) e, com isso, é possível realizar uma gestão de auditoria interna e externa e, conseqüentemente, oferecer um controle adequado e sugerir uma organização e a padronização de documentos.

3. METODOLOGIA

A Metodologia partirá de uma análise a ser feita em uma obra no Setor Marista, em Goiânia, colhendo dados para um estudo de caso sobre as ferramentas baseadas no Lean Construction, que a empresa utiliza rotineiramente, visando a obter uma melhor assertividade, nos resultados de suas obras. Trata-se de ferramentas de controle de qualidade e produção, que serão estudadas, neste trabalho.

Em uma pesquisa inicial, foram levantadas diversas ferramentas computacionais existentes no mercado, com o único objetivo de facilitar e melhorar o controle de qualidade das obras, a exemplo da FVS, usada na verificação de serviços. Ela auxilia na conferência do serviço executado para garantir a qualidade da execução, enquanto, conseqüentemente, previne o desperdício e o retrabalho corretivo, a ser feito no futuro.

Assim como essa ferramenta, foi possível trazer diversas outras, de controle com as bases teóricas do Lean Construction, a exemplo da Linha de balanço, na parte de planejamento a longo prazo, se resguardando ao Last Planner, e do PPC, que assegura o percentual concluído daquele planejamento.

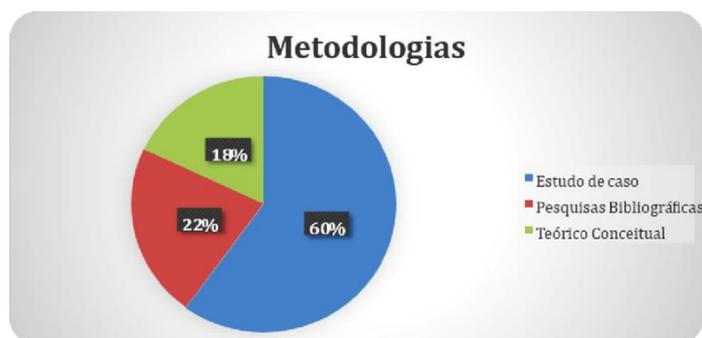
Em um segundo momento, após levantar todas as ferramentas utilizadas nas obras, pretende-se analisar o perfil do mercado, onde realmente esses métodos poderiam ajudar a construção civil a obter melhores resultados, em sua produção e na qualidade do produto.

Deste modo, a partir dos resultados da empresa visitada, que utiliza todo esse sistema, pretende-se fazer um estudo comparativo dos resultados com os de outras empresas que não o utilizam. Assim, será possível verificar se a produção e qualidade dos empreen-

dimentos da construtora que utiliza todas as ferramentas, baseadas no Lean Construction, são efetivamente melhores.

Ademais, para completar o trabalho, objetiva-se fazer diversas pesquisas bibliográficas sobre as ferramentas que antecederam e induziram o surgimento Lean Construction. Com isso, este o estudo de caso poderá ser capaz de identificar o sistema de ferramentas computacionais que mais se destaca, entre todos aqueles a serem abordados, quanto aos benefícios ao setor da construção civil.

Figura 15.



Fonte: Acervo próprio, 2022.

4. RESULTADOS

Os resultados apresentados no artigo indicam que as ferramentas computacionais baseadas no Lean Construction desempenham um papel fundamental no planejamento, controle de produção e qualidade na indústria da construção. Essas ferramentas permitem uma melhor visualização e gestão dos processos produtivos, auxiliando na identificação e redução de desperdícios, no monitoramento do fluxo de trabalho, no controle de qualidade e na tomada de decisões mais assertivas.

Através da revisão bibliográfica e análise de estudos de caso, foram identificadas as principais ferramentas computacionais utilizadas no planejamento e controle de produção e qualidade com base no Lean Construction. Algumas dessas ferramentas mencionadas no artigo são:

1. Ficha de Verificação de Serviço (FVS): Uma ferramenta utilizada na gestão de canteiros de obras para verificar a qualidade e o cumprimento das normas técnicas de execução em cada frente de serviço.

2.. Linha de Balanço: Uma técnica de programação utilizada no planejamento e controle de projetos com atividades repetitivas e de longa duração. Essa técnica facilita a interpretação das atividades e permite o acompanhamento e elaboração do projeto.

3.. Last Planner System: Um sistema que visa criar um ambiente de produção confiável, reduzindo a variabilidade do fluxo de trabalho. Esse sistema é dividido em três etapas: longo prazo, médio prazo e curto prazo, e contribui para o planejamento e controle das unidades de produção.

4.. Percentual de Planejamento Concluído (PPC): Uma técnica que utiliza o planejamento como uma referência para medir o progresso da obra. O PPC permite avaliar o quanto do planejado foi realizado e identificar desvios e ajustes necessários.

Essas ferramentas, quando aplicadas adequadamente, proporcionam benefícios como a redução de desperdícios, aumento da eficiência operacional, melhoria da qualidade dos projetos e diminuição dos prazos de execução. No entanto, é ressaltada a importância da capacitação dos profissionais envolvidos para o correto uso e implementação dessas ferramentas, a fim de obter os benefícios esperados e alcançar resultados positivos na gestão da produção e qualidade.

Em suma, as ferramentas computacionais baseadas no Lean Construction oferecem recursos de controle e monitoramento dos processos produtivos na indústria da construção, permitindo uma gestão mais eficiente, tomada de decisões embasadas em dados e melhoria contínua dos processos.

5. DISCUSSÃO

A abordagem Lean Construction tem ganhado destaque na indústria da construção como uma forma eficiente de gerenciar projetos e melhorar a produtividade. A análise de autores sobre o Lean Construction geralmente enfoca a sua aplicação e os benefícios que ele pode trazer para o setor.

Autores como Glenn Ballard e Gregory Howell têm contribuído significativamente para o desenvolvimento e a disseminação do Lean Construction. Eles defendem a importância de uma abordagem enxuta na construção, baseada nos princípios do sistema Toyota de produção e adaptados às necessidades e peculiaridades do setor.

Esses autores enfatizam a necessidade de uma mudança de mentalidade em relação à gestão da construção, buscando eliminar desperdícios, melhorar a eficiência e otimizar o fluxo de trabalho. Eles argumentam que o planejamento detalhado, a colaboração entre as equipes e a busca constante por melhorias são fundamentais para o sucesso do Lean Construction. Outros autores, como Koskela e Ballard, também têm explorado o conceito de "projeto enxuto" (Lean Project), que envolve a aplicação dos princípios Lean na fase de projeto de um empreendimento, visando maximizar o valor para o cliente e minimizar os desperdícios desde o início.

A análise desses autores destaca a importância de ferramentas específicas do Lean Construction, como o Last Planner System (Sistema do Último Planejador), que promove a colaboração entre as equipes, o planejamento detalhado das atividades e o monitoramento constante do progresso. Essas ferramentas auxiliam na identificação e redução de desperdícios, no controle de qualidade e na tomada de decisões mais assertivas, contribuindo para uma construção mais eficiente e com maior valor agregado.

No entanto, é importante ressaltar que a análise de autores sobre o Lean Construction é uma área em constante evolução, com diferentes perspectivas e abordagens. Portanto, é recomendado consultar publicações atualizadas e diversos autores para obter uma visão mais abrangente e atualizada sobre o assunto.

6. CONCLUSÃO

A utilização das principais ferramentas computacionais de planejamento e controle de produção e qualidade, com base no Lean Construction, é de extrema importância na indústria da construção. Essas ferramentas fornecem recursos essenciais para uma gestão eficiente dos processos, contribuindo para a redução de desperdícios, aumento da eficiência operacional e melhoria da qualidade dos projetos.

Ao adotar o Lean Construction, as organizações do setor da construção podem se beneficiar das vantagens proporcionadas pelas ferramentas computacionais. O Last Planner System permite um melhor planejamento das atividades e uma maior visualização do fluxo de trabalho, resultando em uma coordenação mais eficaz e na identificação precoce de possíveis atrasos ou problemas.

Os softwares de simulação e otimização permitem a análise e o planejamento de diferentes cenários, considerando restrições e variáveis relevantes. Com isso, é possível identificar a melhor sequência de atividades, alocação de recursos e tempos de execução, maximizando a eficiência e minimizando desperdícios.

Em suma, a adoção das principais ferramentas computacionais de planejamento e controle de produção e qualidade, com base no Lean Construction, traz inúmeros benefícios para a indústria da construção. Através da redução de desperdícios, aumento da eficiência e melhoria da qualidade, essas ferramentas contribuem para uma gestão mais eficiente e resultados superiores nos projetos. No entanto, é fundamental que as organizações invistam na capacitação dos profissionais e na criação de uma cultura voltada para a adoção dessas práticas. Somente assim, será possível alcançar todo o potencial das ferramentas computacionais e promover uma transformação significativa no setor da construção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL BALKHY, W.; SWEIS, R.; LAFHAJ, Z. Barreiras à adoção da construção enxuta na indústria da construção — o caso da Jordânia. *Edifícios* 2021, 11, 222. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/buildings11060>.

ALARCÓN, L. F., & GRILLO, A. P. (2006). Lean construction: State-of-the-art and research gaps. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(8), 755-764.

ARANTES, P. C. F. G. *Lean Construction - Filosofia e Metodologias*. Dissertação apresentada ao programa de mestrado em Engenharia Civil, FEUP Faculdade de Engenharia do Porto, Porto, 2008.

BALLARD, G., & HOWELL, G. (1998). Shielding production: Essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(1), 11-17.

BALLARD, G., & HOWELL, G. (2004). Lean project management. *Building Research & Information*, 32(5), 443-457.

BERTELSEN, S., & KOSKELA, L. (2005). An exploration towards a production theory and its application to construction. *Lean Construction*

Journal, 1(1), 68-81.

BRITO, F. O. A manufatura enxuta e a metodologia seis sigma em uma indústria de alimento. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Amazonas, 2008.

C. I. I. Construction Industry Institute. *AGILEAN. O que é e como aplicar o Lean Construction*. São Paulo, 15 de fevereiro de 2022. Disponível em: <https://agilean.com.br/o-que-e-e-como-aplicar-o-lean-construction/>.

CTE Centro de Tecnologia das Edificações. 2022. Disponível em: <<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>>.

HAJIKAZEMI, S., & TEZEL, A. (2014). Lean construction as a knowledge management approach: Lessons from the Toyota production system. *Journal of Management in Engineering*, 30(3), 05014020.

HARADA, E. N.; MENDONÇA FILHO, L. S.; CIVIL, Engenharia. Avaliação das dificuldades em aplicar o lean construction, no brasil. ???????

HOWELL, G. A., & KOSKELA, L. J. (2000). Reforming project management: The role of lean construction. *Production and Inventory Management Journal*, 41(2), 28-35.

ISATTO ET AL. (2000). ??????????

KOSKELA, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications, Espoo.

LIKER, J. K.; MEIER, D. O modelo Toyota: Manual de Aplicação. Editora Bookman, Porto Alegre, 2007, 432 p.

MARTINS, J. B.; DEMÉTRIO, J. C. C.; DEMÉTRIO, F. J. C. *Lean Construction*:

O'CONNOR, J. T., & DODD, M. D. (2012). *A lean construction primer*. John Wiley & Sons.

REINALDO, P. A.; NASCIMENTO, A. H. do. Planejamento de obra utilizando conceitos da lean construction: estudo de caso. *Engenharia Civil-Pedra Branca*, 2017.

RIOGA, Claudiano Luiz et al. Impactos da Implementação da Metodologia Lean Construction no Brasil. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, v. 9, n. 16, p. 06-25, 2021.

ROCHA, F. E. M. Logística e Lógica na Construção

Lean. Fortaleza: Copyright, 2004.

Uma análise compara-tiva em canteiros de obra de São Luís - MA. **Revista de Engenharia Civil**, v. 54, p. 36-45, 2018.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., & ROOS, D. (1990). The machine that changed the world: The story of lean production. Simon and Schuster.