



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
MOBILIDADE**

**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION E OS EFEITOS NO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**

MÁRIO CEDER SILVA

ORIENTADORA: PROF.^a ESP. DAYANE LOPES MARQUES SANTANA

PUBLICAÇÃO:

ANÁPOLIS/GO

2023

MÁRIO CEDER SILVA

**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION E OS EFEITOS NO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito parcial para conclusão de curso.

Orientadora: Prof.^a Esp. Dayane Lopes Marques Santana

ANÁPOLIS/GO, 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Silva, Mário Ceder

S586a Análise da metodologia *Lean Construction* e os efeitos no planejamento e controle de obras. / Mário Ceder Silva – Anápolis: IFG, 2023.

68 f. il. color.

Orientadora: Prof. Dayane Lopes Marques Santana.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás: Campus Anápolis – Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade, 2023.

1. Lean Construction. 2. ferramentas Lean. 3. construção civil.
4. planejamento.

II. Santana, Dayane Lopes Marques (orient.).

III. Título.

CDD 690



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS ANÁPOLIS

ATA Nº 04/2023.2

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

No 7º dia do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e três, às 15:45 horas, no IFG-Câmpus Anápolis, Sala T-602- Bloco 600, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do Graduando Mário Ceder Silva (matricula 20191060130155) do curso de Engenharia Civil da Mobilidade. A banca foi composta pelos seguintes membros: Dayane Lopes Marques Santana, Alan de Freitas Oliveira e Fabrício Nascimento Silva, sob a presidência do primeiro. O trabalho de conclusão de curso tem como título "Análise da Metodologia Lean Construction e os efeitos no planejamento e controle de obras", da área de Construção Civil, sob orientação da Profa. Dayane Lopes Marques Santana. Após a apresentação, tendo sido o autor arguido pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 85,0 (Oitenta e cinco pontos) e o Trabalho de Conclusão de Curso foi considerado (X) aprovado () aprovado com correções () reprovado pela banca examinadora.

Encerra-se a presente sessão às 17 horas e 05 minutos. Eu, Profa. Dayane Lopes Marques Santana, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

Profa. Dayane Lopes Marques Santana

(Assinado eletronicamente)

Prof. Alan de Freitas Oliveira

(Assinado eletronicamente)

Prof. Fabrício Nascimento Silva

(Assinado eletronicamente)

Documento assinado digitalmente



FABRICIO NASCIMENTO SILVA

Data: 12/12/2023 19:57:40-0300

Verifique em <https://validar.ifg.gov.br>

Mário Ceder Silva
(Graduando)

Documento assinado eletronicamente por:

- Alan de Freitas Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/12/2023 20:17:03.
- Mário Ceder Silva, 20191060130155 - Discente, em 11/12/2023 19:50:20.
- Dayane Lopes Marques Santana, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 11/12/2023 19:44:31.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 488844

Código de Autenticação: 5164ddf706



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Avenida Pedro Ludovico, s/ nº, Reny Cury, ANÁPOLIS / GO, CEP 75131-457
(62) 3703-3373 (ramal: 3373)

MÁRIO CEDER SILVA

**ANÁLISE DA METODOLOGIA LEAN CONSTRUCTION E OS EFEITOS NO
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Mobilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Anápolis, como requisito parcial para conclusão de curso.

Orientadora: Prof.^a Esp. Dayane Lopes Marques Santana

APROVADO EM ____/____/____

Orientador (a): _____
Prof.^a Esp. Dayane Lopes Marques Santana

Examinador (a): _____
Prof. Ms. Alan de Freitas Oliveira

Examinador (a): _____
Prof. Dr. Fabrício Nascimento Silva

ANÁPOLIS/GO, 2023

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Mário Ceder Silva

Matrícula: 20191060130155

Título do Trabalho: Análise da Metodologia *Lean Construction* e os Efeitos no Planejamento e Controle de Obras.

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
- () O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
- () Outra
- justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

____Anápolis____, ____17____/____12____/____2023____.

Local

Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a metodologia *Lean Construction* e seus efeitos no planejamento e controle de obras, buscando identificar as vantagens e os desafios dessa abordagem. O *Lean Construction* é uma adaptação dos princípios do Sistema Toyota de Produção (STP) para o setor da construção civil, visando eliminar os desperdícios, otimizar os processos, aumentar a qualidade e a produtividade, e satisfazer as necessidades dos clientes. Para realizar essa análise foi feito um estudo de caso de uma obra multifamiliar da cidade Anápolis - GO que adotou essa metodologia. Resultado obtido trata-se da relação e aplicação dos 11 princípios do *Lean cosntruction* na otimização dos vários processos no planejamento, bem como, ferramentas e o acompanhamento da obra.

Palavras-chave: *Lean Construction*. Ferramentas *Lean*. Construção civil. Planejamento.

ABSTRACT

This present study aims to analyze the Lean Construction methodology and its effects on the planning and control of construction projects, seeking to identify the advantages and challenges of this approach. Lean Construction is an adaptation of the principles of the Toyota Production System (TPS) for the construction industry, aiming to eliminate waste, optimize processes, enhance quality and productivity, and meet customer needs. To conduct this analysis, a case study was carried out on a multifamily project in the city of Anápolis, GO, which adopted this methodology. The obtained results focus on the relationship and application of the 11 principles of Lean Construction in optimizing various planning processes, as well as tools and project monitoring.

Keywords: Lean Construction. Lean Tools. Construction. Planning.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EAP	Estrutura Analítica do Projeto
IRR	Índice de Retirada de Restrições
JIT	<i>Just In Time</i>
LOB	<i>Line Of Balance</i>
LPS	<i>Last Planner System</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
ME	Mentalidade Enxuta
PPS	Percentual de Planos Startados
PPC	Percentual de Programação Concluído
STP	Sistema Toyota de Produção
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - “Casa” do Sistema Toyota de Produção	14
Figura 2 - Demonstração do funcionamento em <i>Just In Time</i>	16
Figura 3 - Demonstração do funcionamento do dispositivo.....	17
Figura 4 - Modelo de quadro Kanban.....	18
Figura 5 - Relação da produção sem e com nivelamento	19
Figura 6 - Dispositivo Andon	20
Figura 7 - Demonstração do dispositivo de bloqueio	21
Figura 8 - Representação da aplicação dos 5 Porquês.....	21
Figura 9 - Ciclo de Melhoria Contínua.....	22
Figura 10 - Exemplo de processo na visão tradicional.....	25
Figura 11 - Exemplo de processo na visão <i>Lean</i>	26
Figura 12 - Relação das atividades na construção civil.....	26
Figura 13- Níveis de planejamento.....	31
Figura 14 - Linha de Balanço	33
Figura 15 - Gráfico da Curva S	35
Figura 16 - Localização do Empreendimento.....	38
Figura 17 - Fachada Esquemática.....	38
Figura 18 - Planta Baixa	39
Figura 19 - Fase atual de execução do empreendimento (Fachada Lateral)	39
Figura 20 - Fase atual de execução do empreendimento (Fachada posterior).....	40
Figura 21 - Maquete Eletrônica	40
Figura 22 - Macrofluxo	42
Figura 23 - Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	44
Figura 24 - Linha de Balanço do Empreendimento.....	45

Figura 25 - Perspectiva do Canteiro	46
Figura 26 - Planta do Canteiro.....	47
Figura 27 - Posições da Minigrua e Elevador Cremalheira.....	48
Figura 28 – Setorização e Fluxo do Pavimento Tipo	49
Figura 29 - Plano Logístico Setor 1 do Pavimento Tipo	49
Figura 30 - Plano Logístico Setor 2, 3 do Pavimento Tipo	50
Figura 31 - Sequência de execução da contenção na LB	51
Figura 32 - Planejamento Visual da Execução da Contenção	51
Figura 33 - Planejamento Tático	52
Figura 34 - Planejamento semanal (semana 03).....	53
Figura 35 - Planejamento semanal (semana 04).....	53
Figura 36 – Execução da estaca trado	54
Figura 37 – Execução do trilho metálico.....	54
Figura 38 – Execução da viga de coroamento	55
Figura 39 - Medição no Ms project do mês de setembro de 2022.....	55
Figura 40 - Evolução física mensal	55
Figura 41 - Análise Previsto x Realizado	56
Figura 42 - Variação do Prazo.....	56
Figura 43 - Histórico de riscos e problemas	56
Figura 44 - Planejamento tático.....	57
Figura 45 - Análise PPS e PPC.....	57
Figura 46 - PPS e PPC.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	OBJETIVO GERAL	10
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.2	JUSTIFICATIVA.....	10
1.3	METODOLOGIA	10
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	13
2.1.1	Just in time (Jit).....	15
2.1.2	Jidoka	17
2.1.3	Kanban	18
2.1.4	Heijunka	19
2.1.5	Andon.....	19
2.1.6	Poka yoke	20
2.1.7	5 porquês	21
2.1.8	Kaizen	22
2.2	ORIGEM DO LEAN.....	23
2.2.1	Lean construction	25
2.2.2	Onze princípios do lean construction	27
2.3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS	30
2.3.1	Níveis de planejamento	31
2.3.2	Linha de balanço	32
2.3.3	Curva s	34
2.3.4	Last planner system (Lps)	35
2.3.5	Percentual da programação concluído (Ppc)	36
3	ESTUDO DE CASO.....	37
3.1	A EMPRESA	37
3.2	CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	37
3.3	PLANEJAMENTO DA OBRA	41
3.3.1	Planejamento logístico	46
3.4	SERVIÇO DE CONTENÇÃO	51

3.4.1	Acompanhamento da contenção.....	54
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores mais importantes para o desenvolvimento econômico e social de um país, mas também é um dos que apresentam maiores desafios em termos de produtividade, qualidade, custo e prazo. Bem como, um dos setores que mais consomem recursos naturais e geram resíduos e impactos ambientais. Além disso, a construção civil é caracterizada por uma baixa padronização dos processos, uma elevada variabilidade das condições de trabalho, mão de obra não qualificada, uma forte dependência de fatores externos e uma alta complexidade dos projetos, o que dificulta o planejamento e o controle das obras (CBIC, 2023).

Diante desse cenário, surge a necessidade de buscar novas metodologias e ferramentas que possam contribuir para a melhoria do desempenho da construção civil, reduzindo os desperdícios, aumentando a eficiência e agregando valor aos clientes. Uma dessas metodologias é o *Lean Construction*, ou Construção Enxuta, que se baseia nos princípios do Sistema Toyota de Produção (STP), que revolucionou a indústria automobilística japonesa na década de 1950. O *Lean Construction* adapta os conceitos do STP para o contexto da construção civil, buscando eliminar as atividades que não agregam valor ao produto final, otimizando o fluxo de materiais e informações e sincronizando as operações envolvendo os colaboradores e fornecedores na melhoria contínua (KOSKELA, 1992).

Ao trabalhar com dados e a geração de informação a fim de difundir e demonstrar a todos os envolvidos, O *Lean Construction* preza pela democratização em todos os níveis hierárquicos, ainda mais na construção em que a comunicação é extremamente importante. Visto que há diversidade de pessoas, empresas terceiras e até mão de obra não qualificada. Nesse sentido, a implementação da cultura de construção enxuta começa do convívio do dia a dia na obra até à mudança de mentalidade (KOSKELA, 1992).

Apesar das dificuldades enfrentadas pelas empresas para aderir à cultura do *Lean Construction*, é na prática que ocorre a imersão dessa abordagem. A implementação bem-sucedida dessa nova metodologia requer acompanhamento contínuo e o uso de ferramentas *lean* para avaliação. O termo *Lean*, de origem inglesa, que significa enxuto ou sem gordura, é empregado com o propósito de simplificar processos, eliminar desperdícios e orientar a tomada de decisão na execução das obras (KOSKELA, 1992).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os efeitos dessa metodologia *Lean Construction* no planejamento e controle de obras em uma obra multifamiliar na cidade de Anápolis/GO.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o histórico e conceitos do *Lean Construction*;
- Mostrar as principais etapas do planejamento e ferramentas auxiliaadoras;
- Analisar como o empreendimento escolhido faz a gestão da obra;
- Verificar em campo como é feito o acompanhamento da obra em questão;

1.2 JUSTIFICATIVA

A justificativa deste trabalho reside na relevância de se estudar a metodologia *lean construction* como uma alternativa para a melhoria do desempenho do setor da construção civil. Foi investigado como essa metodologia pode contribuir para a redução dos custos, dos prazos e dos desperdícios nas obras, bem como para o aumento da qualidade, da produtividade e da satisfação dos clientes. Além disso, espera-se que este trabalho possa servir como referência para futuros estudos sobre o tema e para profissionais que desejam implementar a metodologia *lean construction* em suas obras.

1.3 METODOLOGIA

Para concepção do trabalho utilizou-se de uma revisão bibliográfica para contextualizar e um estudo de caso para avaliar os efeitos do *lean*. A revisão bibliográfica compreende desde o desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP) até a criação do *Lean Construction* e a conceituação de planejamento e controle de obras.

A pesquisa bibliográfica é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. Utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros

pesquisadores e devidamente registrados. Os textos tornam-se fontes dos temas a serem pesquisados. O pesquisador trabalha a partir das contribuições dos autores dos estudos analíticos constantes dos textos (Severino, 2007, p. 147).

Os principais livros utilizados na revisão foram:

Sistema Toyota de Produção (Taiichi Onho), A Máquina que Mudou o Mundo (James P. Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos), Mentalidade Enxuta (James P. Womack, Daniel T. Jones), o relatório do Lauri Koskela sobre *Lean construction* e o livro de Planejamento e Controle de Obras (Aldo Dórea Mattos).

O estudo de caso conforme explica Severino (2017, p. 144)): “deve ser significativo e bem representativo, de modo a ser apto a fundamentar uma generalização para situações análogas, autorizando inferências.”.

Para Marconi e Lakatos (2011, p. 276-277):

O Estudo de Caso refere-se ao levantamento com mais profundidade de determinado caso ou grupo humano sob todos os seus aspectos. Entretanto, é limitado, pois se restringe ao caso que estuda, ou seja, um único caso, não podendo ser generalizado. [...] No estudo de caso qualitativo não há um esquema estrutural aprioristicamente; assim, não se organiza um esquema de problemas, hipóteses e variáveis com antecipação. Reúne o maior número de informações detalhadas, valendo-se de diferentes técnicas de pesquisa, visando aprender uma determinada situação e descrever a complexidade de um fato.

Portanto, esta pesquisa verifica por meio de documentos internos disponibilizados pela obra em questão, como projetos, cronogramas de planejamentos, ferramentas, relatórios de acompanhamento e registros de desempenho. Onde foram identificados nesses documentos as possíveis relações com os princípios da filosofia *lean construction*.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta monografia está estruturada em 4 capítulos. O primeiro capítulo corresponde à introdução, na qual se apresenta o tema, o problema, os objetivos, a justificativa e a metodologia da pesquisa.

O capítulo 2 trata do referencial teórico sobre como e onde a filosofia *lean construction* foi desenvolvida, abordando os seus conceitos, princípios, origens e evolução. Além de conceitos relacionado ao planejamento e controle de obras.

O capítulo 3 aborda o estudo de caso com a finalidade principal de mostrar a aplicação da metodologia *lean construction* no planejamento de uma obra vertical, e as vantagens relacionadas.

O capítulo 4 consiste das considerações finais, o qual mostra a verificação da metodologia após a análise de caso, expondo os resultados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP) data na década de 1950; quando foi concebido e implementado, logo após a Segunda Guerra Mundial. De acordo com Maximiano (2008, p. 134): “O sistema Toyota de Produção foi criado por Eiji Toyoda, da família proprietária da Toyota, e Taiichi Ohno, chefe da engenharia da empresa”. Durante visitas às fábricas da Ford nos Estados Unidos, eles observaram altos volumes de produção e armazenagem que não seriam adequados ao mercado japonês, além de desperdícios e atividades que não agregavam valor. Essas experiências os inspiraram a desenvolver um sistema inovador que priorizava a eficiência e a produção enxuta (MAXIMIANO, 2008).

Nesse sentido, a respeito de perdas, Shingo (1984) e Ohno (1997), listam os seguintes tipos de desperdícios que devem ser evitados: superprodução, espera, transporte, excesso de processamento, estoques, movimentação, produção de peças e produtos defeituosos, respectivamente:

- O desperdício de superprodução ocorre quando se produz mais do que o necessário ou antes do tempo adequado. Ele gera custos com armazenamento, transporte e manutenção.
- O desperdício de espera ocorre quando há interrupções ou atraso no fluxo de trabalho, resultando na ociosidade dos recursos humanos e materiais.
- O desperdício de transporte trata-se da movimentação desnecessária ou excessiva dos materiais entre os processos.
- O desperdício de excesso de processamento significa a realização de atividades que não agregam valor ao produto ou serviço. Ele resulta em custos com energia, matéria-prima e mão de obra, além de desperdiçar tempo e capacidade produtiva.
- O desperdício de estoque refere-se ao acúmulo de materiais em qualquer etapa do processo. Ele aumenta o risco de obsolescência ou deterioração dos produtos.
- O desperdício de movimento ocorre quando há movimentação desnecessária ou excessiva dos funcionários entre os processos.
- O desperdício de produtos defeituosos acontece por erros ou falhas na qualidade do produto ou serviço, ocasionando retrabalho, descarte ou devolução.

Portanto, a eliminação do desperdício por meio de melhorias contínuas no fluxo de trabalho, nos equipamentos e nos processos é fundamental para reduzir custos e manter a estabilidade do STP.

De fato, um dos princípios importantes do Sistema Toyota de Produção (STP) é a eliminação total de desperdícios de recursos, sejam eles materiais, esforço humano ou tempo. Com objetivo de garantir uma produção eficiente e sem atividades que não agregam valor ao produto final. Além disso, o STP também estimula a fabricação com qualidade, em prol da excelência em cada etapa do processo produtivo. Esse sistema promove o comprometimento de todos os envolvidos, desde os trabalhadores de linha de produção até a alta administração, para buscar constantemente melhorias e aprimoramentos nos processos (Maximiano, 2008). Nessa perspectiva, o sistema é sustentado por dois pilares, *Just In Time* (JIT), “Autonomação” do processo Industrial (Jidoka) e é comumente demonstrado através da figura 1.

Figura 1 - “Casa” do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado, *The Lean Enterprise Institute* (2003). apud SK Consultoria & Treinamento (2022).

Just In Time (JIT) e Jidoka, segundo o site do Instituto Lean Brasil, foram princípios desenvolvidos antes da guerra. *Just In time* (JIT), conceituado na década de 1930, significa produzir a quantidade necessária no momento necessário e é esse o critério para trabalhar com zero estoque. O Jidoka, também conhecido como autonomação, teve origem no início do século XX a partir da invenção da máquina de tear por Toyoda Sakichi. Esse conceito é caracterizado pela automação com um toque humano, permitindo a detecção imediata de problemas através de um dispositivo instalado nas máquinas (OHNO, 1997).

Uma das provas que demonstrou a resiliência do STP, sucedeu na crise do petróleo de 1973 juntamente com a recessão do governo do Japão, que evidenciou quais eram as empresas mais eficientes. A Toyota estava na ponta liderando. Esse destaque chamou atenção dos concorrentes, adeptos ao modelo ultrapassado baseado na fabricação americana de produção em massa, de modo que o STP revolucionária o mercado automobilístico (OHNO, 1997).

A frase memorável de Ford (1922, s.d), na qual ele afirma: "Você pode comprar um Ford modelo T em qualquer cor que desejar, desde que ele seja preto", reflete a abordagem de demanda empurrada de produzir em grande quantidade algo único. No entanto, a Toyota destaca por sua abordagem de demanda puxada, na qual sincroniza a produção de cada unidade de acordo com a demanda real. Ao contrário da restrição de cores imposta pela Ford, a Toyota busca produzir uma variedade de modelos e cores em quantidades necessárias, com o objetivo de satisfazer os diferentes gostos dos clientes. Essa abordagem permite à Toyota oferecer opções personalizadas aos consumidores, atendendo suas preferências individuais (OHNO, 1997).

Ademais, os dois principais pilares do STP serão mais explorados: *Just-in-Time* (JIT) e Jidoka. Em seguida, serão discutidas ferramentas como Kanban, Heijunka, Andon, Poka yoke, os 5 por quês e Kaizen, que contribuem para complementar o sistema de forma eficiente.

2.1.1 Just in time (Jit)

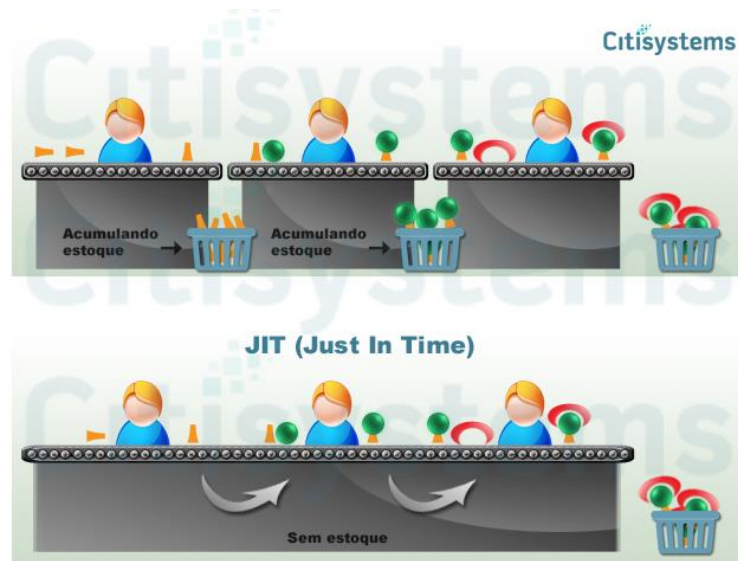
(OHNO, 1997, n.p): “Certa vez, Toyoda Kiichiro disse ao Toyoda Eiji, atual Presidente da Toyota, que em uma indústria abrangente a manufatura de automóveis, a melhor maneira de trabalhar seria ter todas as peças para montar ao lado da linha *Just In time* para seu uso”. O termo *Just In Time*, significa no momento certo ou oportuno. Isso remete a ideia de eliminar a superprodução quantitativa e antecipada, com objetivo de zerar o estoque e produzir o necessário no momento exato (SHINGO, 1996).

No modo convencional, usado na época de Ford, a partir do pedido o fluxo era empurrado, a matéria prima era transformada em peças de montagem e componentes de diversos tipos eram produzidos de maneira compulsória. Assim, afetava os processos subsequente, gerando grande aumento dos estoques nas fábricas e de movimentações entre os locais de armazenagens, até as linhas de montagens. Dessa forma, resultando na desorganização, avaria de peças, falhas nas identificações de produtos e atraso nas entregas (OHNO, 1997).

Na demanda puxada as solicitações dos clientes são atendidas, e produzido apenas o necessário, invertendo o fluxo da linha de produção. Com o JIT, os materiais chegam no momento exato, conforme produzisse o que fosse exigido pelo processo seguinte proporcionando a produção em fluxo contínuo. Dessa forma, sem acúmulo de estoque ou estoque próximo de zero, trazendo mais rigor na produção e qualidade do produto final (OHNO, 1997).

Como foi dito, o JIT é um dos pilares do STP e teve grande relevância para o seu funcionamento. De fato, no cenário de pós-guerra, com escassez de recursos, o Japão não podia seguir o modelo de produção em massa da Ford, que gerava superprodução e desperdício porque o Japão não tinha uma demanda igual aos dos americanos. A Toyota, então, buscou eliminar o excesso de produção e de estoque, otimizando o uso dos recursos de materiais. Esses foram aspectos determinantes para a Toyota alcançar a eficiência (OHNO, 1997). O funcionamento do JIT é demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Demonstração do funcionamento em *Just In Time*



Fonte: Citisystems (2012).

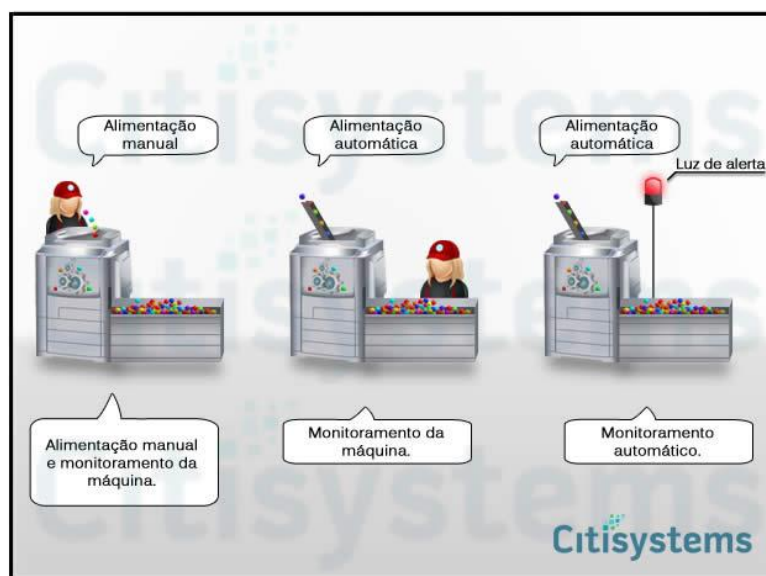
2.1.2 Jidoka

Outro pilar do STP chama-se Jidoka ou Autonomia que significa automação com toque humano. A ideia surgiu nas Décadas de 1920, quando a família Toyoda concentrava os negócios no setor têxtil, através da invenção de uma máquina de tecer com um dispositivo acoplado que parava a máquina automaticamente, caso rompesse os fios. Desta forma, garantia a segurança do equipamento e protegia as peças de serem danificadas (OHNO, 1997).

Outro detalhe importante é que a linha de produção com máquinas automatizadas possibilitava a operação com um único colaborador controlando várias máquinas ao mesmo tempo em funcionamento. Isso aumenta a produtividade dos colaboradores pois antes era necessário um por máquina. Assim, é maximizada a produção com mínimo possível de recursos de mãos de obra (OHNO, 1997).

Na questão de segurança, o Jidoka não se limita apenas às máquinas, mas permite que o operador pare a linha de produção caso precisa inspecionar ou tenha alguma anormalidade ou defeito. Assim, o pleno funcionamento do sistema visa evitar a replicação de peças defeituosas em larga escala alcançando a qualidade na produção (OHNO, 1997). Na Figura 3 é possível visualizar o dispositivo aplicado numa linha de produção.

Figura 3 - Demonstração do funcionamento do dispositivo



Fonte: Citisystems (2013).

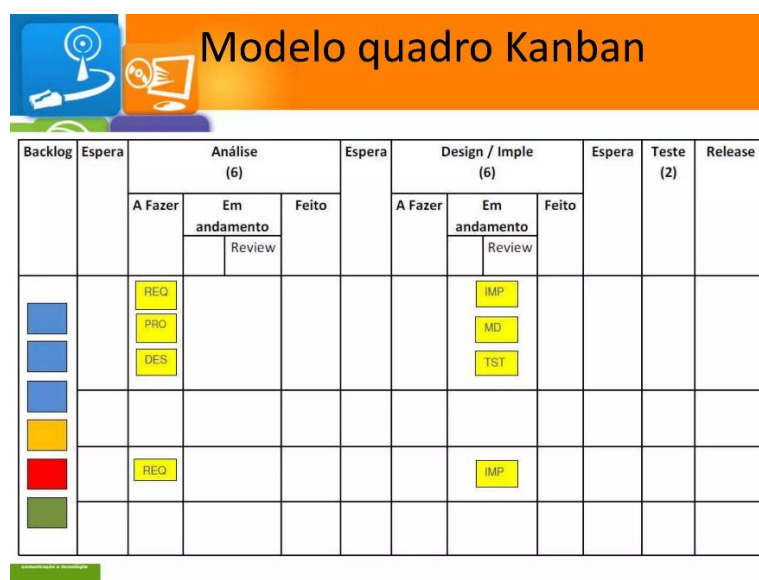
2.1.3 Kanban

A ideia do Kanban, surgiu após viaje de Ohno, em 1953 aos Estados Unidos, onde realizou o desejo de conhecer os supermercados. Ele ficou encantado ao observar a lógica de funcionamento e como eram administradas as mercadorias, as identificações dos produtos e reposições. A partir disso, criou o Kanban, utilizado na forma de etiqueta ou envelope de plástico que traz as informações sobre o trabalho a ser realizado. É uma ferramenta que gerencia o *Just In Time* e faz o sistema funcionar (MAXIMIANO, 2008).

A etiqueta Kanban, era a garantia de produção em *Just In Time*, bem como, meio de registros de quantitativos de peças a serem retiradas ou montadas. No processo de execução *Just In Time* no momento necessário e quantidades necessárias na sequência das etapas, o kanban conecta as informações dos materiais a ser movimentado ou recolhidos (OHNO, 1997).

Outro aspecto, a interação visual, em instruir os processos internos da Toyota *Motors Company*, e empresas associadas a fim unificar a linguagem para facilitar o entendimento de todos os envolvidos nos processos. Assim, as informações são assimiladas e compreendidas em cada fase do processo, o Kanban é importante para gerir e controlar o *Just In Time* (OHNO, 1997). Exemplo de quadro Kanban na figura 4 a seguir.

Figura 4 - Modelo de quadro Kanban



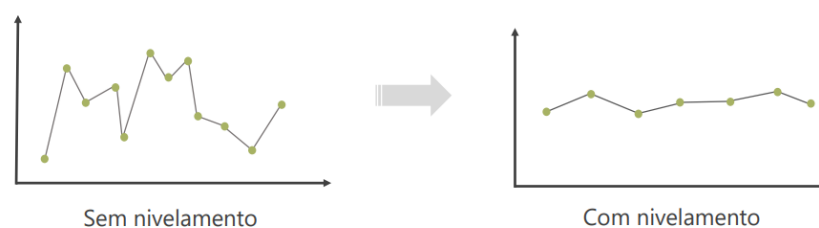
Fonte: FURTADO (2011).

2.1.4 Heijunka

Heijunka é um termo japonês que significa nivelamento da produção. uma técnica que visa distribuir a demanda ao longo do tempo, evitando picos e oscilações de produção, que geram desperdícios e ineficiências. Consiste na padronização dos lotes de produção, tipo e quantidade a produzir num período. A Toyota, evita produzir grande volume de um único carro, mas realiza alterações entre os modelos durante o dia, de acordo com a demanda (OHNO, 1997).

Ohno (1997) explica, a importância do nivelamento para a implementação do sistema puxado de produção, baseado no conceito de *just in time*. uma condição necessária para se eliminar os estoques intermediários e os lotes excessivos de produção, que aumentam os custos e os *lead times* ou tempo de ciclo. Permite que a produção seja flexível e adaptável às variações da demanda, sem comprometer a qualidade e a produtividade. Por esses motivos, reputa o heijunka como um dos fundamentos do Sistema Toyota de Produção. A Figura 5 evidencia a diferença da produção sem nivelamento para com nivelamento.

Figura 5 - Relação da produção sem e com nivelamento



Fonte: Grupo Voitto (2019).

2.1.5 Andon

Andon, outro termo japonês que significa “lâmpada” ou “sinal”, uma ferramenta visual que indica o status de operação da linha de produção. Usado para alertar sobre problemas, paradas, defeitos ou necessidades de manutenção. Assim, como um meio de comunicação entre as máquinas e os operadores, que permite que eles tomem as ações necessárias para garantir a qualidade e a eficiência da produção (OHNO, 1997).

O painel do Andon fica localizado em cima da linha de produção para facilitar a visualização e indicar as situações dos momentos. Quando as operações estão normais a luz verde permanece acesa, caso seja sugerida intervenção na máquina pelo operador a luz amarela é acionada e se a luz vermelha for acesa, indica parada obrigatória até sanar a anomalia envolvendo alguma máquina. Portanto, as cores sinalizam aos operadores a tomarem conhecimento das situações e a praticidade de detectar e corrigir anormalidades na produção, evitando que os defeitos se propaguem para os processos subsequentes (OHNO, 1997). A Figura 6, demonstra o funcionamento do Andon.

Figura 6 - Dispositivo Andon



Fonte: Citisystems (2013).

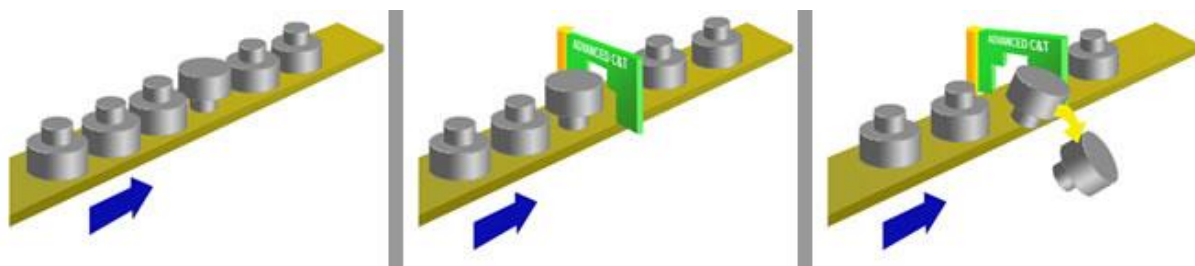
2.1.6 Poka yoke

Poka yoke, traduzido do japonês para o português “à prova de erros” ou “prevenção de erros”. Trata-se de uma técnica que objetiva eliminar ou reduzir os defeitos na produção, por meio de dispositivos ou mecanismos simples que impedem ou alertam sobre os erros humanos ou as falhas das máquinas, conforme Figura 7. A fim de prevenir os erros na fonte, garantir a qualidade e eficiência (OHNO, 1997).

Shingo (1996) afirma que o poka yoke pode ser classificado em dois tipos: controle e aviso. O controle é aquele que impede fisicamente que o erro ocorra, por meio de dispositivos que bloqueiam, desligam as máquinas ou rejeitam as peças defeituosas. E o que emite um sinal

sonoro ou visual quando o erro ocorre ou está prestes a ocorrer, alertando o operador para que ele tome as ações corretivas.

Figura 7 - Demonstração do dispositivo de bloqueio



Fonte: Industria Hoje (2013).

2.1.7 5 porquês

Os cinco porquês é um procedimento de análise de problemas que consiste em perguntar “por que?” sucessivamente até chegar à causa raiz do problema. Essa ferramenta foi desenvolvida por Sakichi Toyoda, fundador da Toyota Industries, e é amplamente utilizada no Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997).

O objetivo dos cinco porquês é identificar e eliminar as causas dos problemas, e não apenas tratar os sintomas. Ao fazer as perguntas “por que?”, é possível rastrear a origem do problema e evitar que ele se repita. Além disso, estimula o pensamento crítico a busca de soluções efetivas, análogo a Figura 8 (OHNO, 1997).

Figura 8 - Representação da aplicação dos 5 Porquês



Fonte: Adaptado, OHNO (1997). apud Grupo Voitto (2020).

2.1.8 Kaizen

O Kaizen é uma filosofia e uma prática que busca a melhoria contínua dos processos, dos produtos, dos serviços e das pessoas, visando à eliminação dos desperdícios. O termo Kaizen é formado por dois ideogramas japoneses: kai, que significa mudança, e zen, que significa bom ou melhor. Portanto, Kaizen significa mudança para melhor (IMAI, 2014).

O Kaizen se tornou mundialmente conhecido por meio do Sistema Toyota de Produção, sendo aplicado em todos os níveis da organização, desde a alta direção até a linha de frente, envolvendo todos os colaboradores na busca pela melhoria contínua dos processos. É demonstrado conforme a Figura 9.

Figura 9 - Ciclo de Melhoria Contínua



Fonte: IMAI (2022).

2.2 ORIGEM DO LEAN

De acordo com o site do instituto Lean Brasil, a respeito da origem e aclamação do Sistema Toyota de Produção que denominaram de *Lean Production* ou produção enxuta:

O reconhecimento do TPS como um sistema modelo de produção se difundiu rapidamente com a publicação do livro "A Máquina que Mudou o Mundo", em 1990, resultado de cinco anos de pesquisa liderada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Os pesquisadores do MIT descobriram que o TPS era muito mais eficaz e eficiente do que o tradicional sistema de produção em massa, tanto que representava um paradigma completamente novo e foi cunhado, então, o termo produção *lean* (ou produção enxuta), indicando essa abordagem radicalmente diferente da produção. (LEAN BRASIL, s.d).

O livro *A Máquina que Mudou o Mundo*, escrito pelos pesquisadores James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos (1992) e baseado no estudo da indústria automobilística mundial, revela os segredos da produção enxuta desenvolvida pela Toyota e como ela revolucionou o modo de produzir. Os autores mostram que a produção enxuta é superior à produção em massa em vários aspectos:

- Como no espaço físico, estoque, energia, tempo e mão de obra. Em consequência, reduz os custos operacionais e aumenta a lucratividade das empresas.
- A flexibilidade, pois permite adaptar os processos e os produtos às mudanças nas demandas dos clientes e do mercado. Resulta, aumento da competitividade e a satisfação dos clientes.
- Mais focada na qualidade, pois envolve os trabalhadores na solução de problemas, na prevenção de defeitos e na melhoria contínua. Ocasionalmente, diminuição de perdas, por retrabalhos e menos reclamações.
- Inovação, pois estimula a criatividade, o aprendizado e o compartilhamento de conhecimento entre os trabalhadores e as equipes. Portanto, gera novas ideias, produtos e serviços que atendem às necessidades dos clientes.
- Sustentabilidade, porque minimiza os impactos ambientais negativos das atividades industriais, como a poluição, o consumo de recursos naturais e a geração de resíduos. Pois, contribui para a preservação do meio ambiente e para o desenvolvimento social.

Nesse sentido, a produção enxuta é uma alternativa à produção em massa na indústria automobilística, pois oferece vantagens competitivas para as empresas e benefícios para os clientes, os trabalhadores e a sociedade. A produção enxuta representa uma mudança de

paradigma na forma de pensar e gerir os processos produtivos, que requer uma transformação cultural nas organizações (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Outra abordagem, ao perceberem que as ideias sobre *Lean Production* não estavam limitadas ao setor automotivo. Os autores James Womack, Daniel Jones lançaram outro livro em 1996, a obra retratou sobre adaptações do *Lean* em diferentes setores e segmentos, assim como, em distintos países.

A Mentalidade Enxuta (ME), que é uma filosofia de gestão que busca criar valor para os clientes e eliminar o desperdício em qualquer organização. Conforme Womack, Jones (2004, p.3), “é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”, e se resume em cinco princípios básicos: definir valor, mapear o fluxo de valor, criar fluxo contínuo, implementar a produção puxada e buscar a perfeição (WOMACK; JONES, 2004).

- O princípio do Valor, refere-se ao que o cliente está disposto a pagar, caso o produto específico de bem ou serviço, atenda a necessidade, no preço específico e no momento específico.
- O fluxo de valor, é o conjunto de etapas que agregam valor ao produto ou serviço, desde a matéria-prima até o cliente final.
- Fluxo contínuo, trata-se da forma de realizar as etapas do fluxo de valor sem interrupções, atrasos ou defeitos.
- Produção puxada, produzir ou atender somente quando há uma solicitação do cliente ou do processo seguinte, evitando estoques ou superprodução.
- Perfeição, é a busca pela eliminação dos desperdícios e pela melhoria contínua dos processos, produtos e serviços em direção a excelência.

Portanto, os benefícios da mentalidade enxuta são evidentes, tanto para as empresas quanto para os clientes, pois ela reduz custos, aumenta a qualidade, melhora a satisfação, aumenta a flexibilidade e a competitividade (WOMACK; JONES, 2004). Esses livros mostraram como as empresas podem criar valor para os clientes e eliminar o desperdício por meio da aplicação do *lean* em suas operações. E, nos próximos tópicos serão abordados o *Lean Construction* ou Construção enxuta e os onze princípios fundamentais para setor da construção civil.

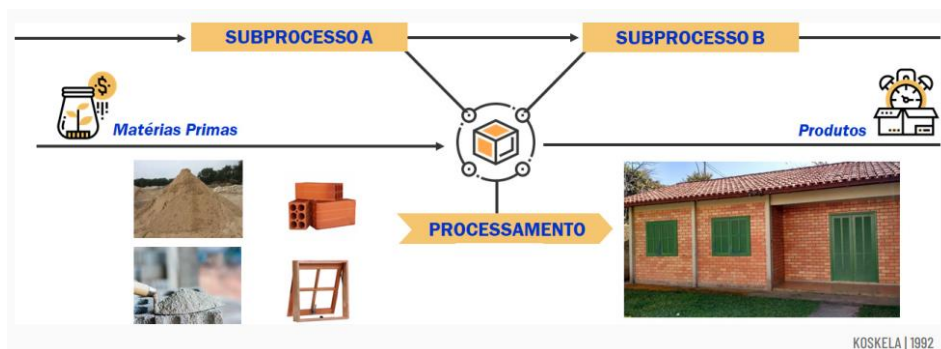
2.2.1 Lean construction

No ano de 1992, surge a publicação do relatório de Lauri Koskela, intitulado de *Application of the new production philosophy to construction* que traduzindo significa a aplicação da nova filosofia para construção. Importada do Sistema Toyota de produção e adaptada para a construção civil, o *lean construction* ou construção enxuta, possui a finalidade principalmente de promover a mudança no processo de produção do modelo tradicional para nova filosofia de produção baseado em onze princípios.

A priori, Shingo (1996) explica que os sistemas de produção funcionam como uma rede constituídas por processos e operações, em que o processo se trata do fluxo de materiais no espaço e tempo, e as operações, fluxo de pessoas e equipamentos disponíveis no espaço e tempo. Nessa perspectiva, os processos e operações na construção civil precisam ser entendidos e gerenciados para o sucesso do sistema.

Segundo Koskela (1992), o processo no modelo tradicional preocupa-se apenas com a transformação de entradas (mão de obra, material) em saídas (casas, edifícios), sem olhar para o todo, conforme a figura 10, na qual a matéria-prima, composta por vários subprocessos, sendo convertida em produtos e, posteriormente, disponibilizada aos consumidores finais. A falha desse modelo é considerar apenas o fluxo de montagem das atividades que agregam valor. Entretanto, a complexidade da construção civil e dos gastos que ocorre aumento de custo, vem da origem destas atividades implícitas: movimento, espera e inspeção.

Figura 10 - Exemplo de processo na visão tradicional

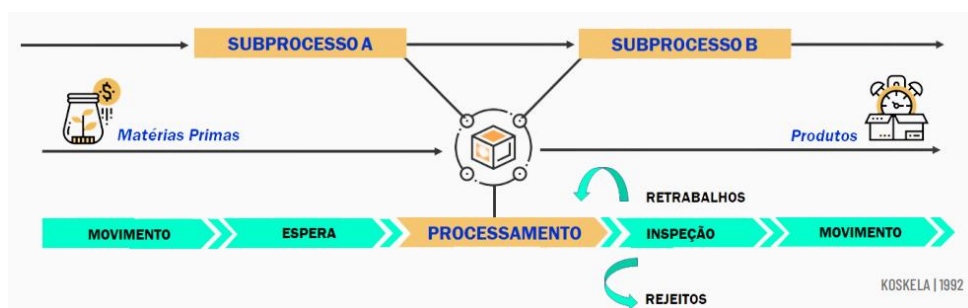


Fonte: Adaptado, KOSKELA (1992). apud Kemmer (2021).

Na visão Lean de acordo com a Figura 11, considera todas as atividades envolvidas no processo, tanto as que agregam valor quanto as que não agregam valor. Além dos fluxos de

montagem, também são levados em conta os fluxos de materiais, informações e trabalho, que, embora não acrescentem valor ao produto final, representam a maior parte dos custos e do tempo de mão de obra. Não é apenas executar o serviço, mas atentar aos fluxos, verificação e qualidade, caso a expectativa não seja atendida, resulta em retrabalho ou rejeito. Portanto, o processo deve ser executado com eficiência para agregar valor aos clientes, de fato, a compreensão de valor está ligada a satisfação do cliente, e não propriamente a execução do processo (KOSKELA, 1992).

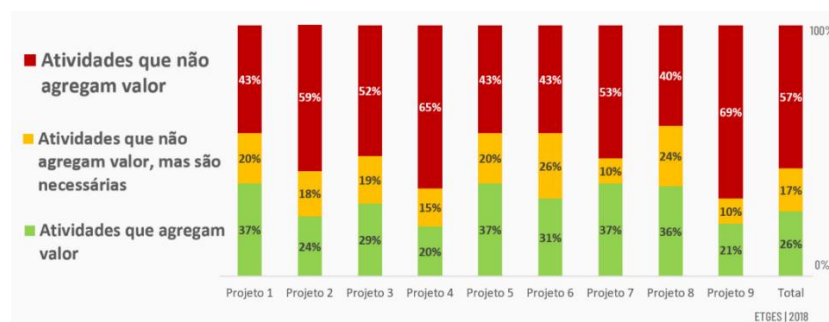
Figura 11 - Exemplo de processo na visão *Lean*



Fonte: Adaptado, KOSKELA (1992). apud Kemmer (2021).

Evidente de que a construção civil, possui várias atividades, além dessas mencionadas acima, possui as que não agregam valor, mas são necessárias. Segundo a pesquisa Etges (2018), realizada no Brasil, cerca de 70% das atividades na construção civil não agregam valor, conforme a Figura 12. Percebe-se, em grande parte em projetos mal concebidos, planejamentos executivos coordenados por princípios obsoletos, individualidade de ações no canteiro e problemas logísticos na entrega e movimentação de materiais.

Figura 12 - Relação das atividades na construção civil



Fonte: Adaptado, ETGES (2018). apud Kemmer (2021).

Com a finalidade de combater esses desperdícios e simplificar os processos, o relatório elaborado por Koskela (1992), defende premissas de geri-los, no conjunto de onze princípios do *lean construction*:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
3. Reduzir a variabilidade;
4. Reduzir o tempo de ciclo;
5. Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
6. Aumentar a flexibilidade de saída;
7. Aumentar a transparência do processo;
8. Focar o controle no processo global;
9. Introduzir melhoria contínua no processo;
10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
11. Fazer *benchmarking*.

Esses princípios do *lean construction* tem relação entre si e é importante salientar que ambos precisam ser aplicados de forma integrada na gestão de processos. Segundo Isatto et al (2000), “o princípio de aumentar a transparência facilita a identificação e eliminação da parcela de atividades que não agregam valor, enquanto a redução do tempo de ciclo cria condições favoráveis para melhoria contínua”. Portanto, para torna mais claro a aplicação dos princípios, faz-se necessário a explicação e definição, no próximo tópico.

2.2.2 Onze princípios do lean construction

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

significa eliminar o desperdício do processo, ou seja, tudo o que consome recursos (tempo, dinheiro, materiais etc.) sem gerar valor para o cliente. Exemplos de desperdício na visão *lean* são: estoques excessivos, movimentação desnecessária, defeitos e retrabalhos (KOSKELA, 1992).

2. Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes

Identificar as preferências dos clientes internos e externos, seja na fase de processo de projeto ou produção, não deixar de considerá-los. Clientes internos, refere-se aos empreiteiros, mão de obra terceira, que depende da terminalidade de etapas anteriores de serviços, por exemplo, o azulejista, para colocar revestimento precisa que o contrapiso esteja pronto. Os serviços precisam serem bem-feitos para não prejudicar a próxima frente de serviço. Os clientes externos, são os clientes finais que utilizam ou compram os produtos de uma organização. Por isso, a importância de entender as necessidades, desejos e incorporar esse conhecimento no desenvolvimento do produto. Dessa forma, entregar algo que satisfaça ambos e supere as expectativas, ou seja, que atenda aos seus requisitos de qualidade, funcionalidade, prazo e custo. Exemplos de valor são: design adequado, conforto, segurança (ISATTO *et. Al.*,2000).

3. Reduzir a variabilidade

De acordo com Isatto *et al* (2000), existe diversos tipos de variabilidade num processo de produção, tais como, fornecedores do processo, na execução do processo, desejos e necessidades dos clientes. Por exemplo: dimensões de tijolos, ciclo de pacotes de serviços, alteração de projeto de edificação. Assim, o volume dessas atividades de variabilidade, e sobretudo nas tarefas de duração, não agregam valor. Faz-se necessário a padronização e uniformidade para não causar interrupção no fluxo de serviço, mudança de escopo, falha na qualidade e retrabalho (FORMOSO, 2000).

4. Reduzir o tempo do ciclo de produção

O tempo de ciclo de origem do JIT é compreendido pelo somatório de todos os outros tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produzir um produto. Ao comprimir o tempo de ciclo, ocasiona a eliminação do fluxo de atividades, ou seja, reduz o tempo total que leva desde o início até o fim do processo. Além disso, possui algumas vantagens: atividades bem planejadas, eliminação de restrições, sincronização das equipes (KOSKELA, 1992).

5. Simplificar por meio da redução do número de passos ou partes

A ideia de racionalizar os sistemas construtivos para que não interfira e outra atividade, além do uso de equipes polivalentes ao invés de especialistas. Para eliminar as etapas ou

componentes desnecessários ou redundantes do processo, isto é, tudo o que complica ou dificulta o fluxo de trabalho. Exemplos de formas de simplificar são: Elementos pré-fabricados, modularizar os produtos, locais de armazenagem, integrar as funções (ISATTO *et. Al.*,2000).

6. Aumentar a flexibilidade de saída do produto

Permitir que o produto possa ser adaptado às diferentes demandas ou preferências dos clientes, ou melhor, que possa atender a diferentes necessidades ou gostos. Exemplos de formas de aumentar a flexibilidade são: oferecer opções de personalização, usar materiais versáteis, projetar para mudanças futuras (ISATTO *et. Al.*,2000).

7. Aumentar a transparência do processo

Significa democratização das informações, tornar visível o estado e o desempenho do processo para todos os envolvidos, ou seja, facilitar a comunicação, a coordenação e a tomada de decisão. Exemplos de formas de aumentar a transparência são: usar indicadores de desempenho, fazer reuniões periódicas, usar ferramentas visuais (quadros, gráficos) (ISATTO *et. Al.*,2000).

8. Focar o controle no processo global

Denota, monitorar e controlar o processo como um todo, e não apenas as partes isoladas, em outras palavras, buscar a integração e a otimização dos recursos e das atividades. Para que isso ocorra precisa da cooperação de todos, desde os projetistas a empreiteiros e fornecedores.

Exemplos de formas de focar no controle são: Definir horário de entrega, introduzir a paletização, descarregar em locais definidos, fazer planejamento colaborativo, usar feedbacks constantes (ISATTO *et. Al.*,2000).

9. Construir melhorias contínuas no processo

Buscar constantemente formas de melhorar o processo, como, identificar e eliminar as causas dos problemas e das perdas. E utilizar as falhas como aprendizado para que não venha acontecer novamente. Exemplos de formas de construir melhorias são: usar ferramentas de análise (diagramas, gráficos), implementar ações corretivas e preventivas, incentivar a participação e a inovação dos colaboradores (KOSKELA, 1992).

10. Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Buscar o equilíbrio entre a eficiência do fluxo (a forma como o material movimentado) e a eficiência da conversão (operações de execução de determinado serviço), significa, otimizar tanto os deslocamentos quanto a realização dos serviços. Por exemplo, uma obra que possui eficiência nas movimentações, transportes e estocagem, favorece a melhoria e inovação de tecnologias na conversão. As formas de manter o balanceamento das melhorias são: mapofluxograma, diagrama de espaguete (ISATTO *et. Al.*,2000).

11. Benchmarking

Consiste em conhecer todos os processos da empresa e fazer autocrítica, como também, pesquisar sobre os concorrentes e os líderes do setor, visitar obras exemplares, participar de eventos e redes profissionais. Após isso, comparar com os melhores padrões do mercado ou da indústria, entender os princípios por trás e aprender com as boas práticas (ISATTO *et. Al.*,2000).

2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS

A história do planejamento remonta aos primórdios da humanidade, mas sua natureza tornou-se mais racional no século XX (VENTURA, 2013). Com o auge do racionalismo no século XVIII, a razão substituiu a tradição como base para a tomada de decisões e foi aplicada às ciências naturais e sociais. O planejamento emergiu como um processo racional para a construção de um futuro determinado, representando uma substituição à improvisação (Ackoff, 1978, apud Ventura, 2013).

No contexto da construção civil, o planejamento é considerado um sistema de produção que visa minimizar faltas, ociosidade de equipamentos e recursos humanos. Além de maximizar a utilização de materiais, equipamentos, ferramentas de produção, transporte, armazenagem e a obtenção de níveis de qualidades satisfatórios (SANTORO, 2007). Assim, frente aos desafios que a construção civil tem enfrentado de mudanças significativas nos últimos tempos, tornando o planejamento e o controle ainda mais indispensáveis (MATTOS, 2010).

O planejamento é um processo dinâmico, que se estende desde o início até a finalização do projeto, adaptando-se às diferentes etapas, tarefas e cenários (QUEIROZ, 2001). Ao mesmo

tempo que planejamento é essencial, o controle faz-se necessário para acompanhamento das atividades. Limmer (1997) destaca a interligação entre planejamento e controle, afirmando que um não faz sentido sem o outro. O controle, por sua vez, envolve o acompanhamento diário dos serviços executados, com foco na produtividade e custos, garantindo que o que foi planejado seja devidamente executado (NOVAIS, 2000).

Dessa forma, o planejamento oferece inúmeros benefícios, como o pleno conhecimento da obra, a previsão de situações desfavoráveis, a agilidade nas decisões, a relação com o orçamento, a otimização dos recursos e a criação de dados históricos úteis para projetos futuros (MATTOS, 2010). Ele se tornou uma ferramenta importadíssima para gerentes de obras, possibilitando a organização, o uso eficiente de recursos, o controle de prazos e a redução de custos, como observado por Filho (2014).

2.3.1 Níveis de planejamento

O planejamento pode ser dividido em três níveis hierárquicos: operacional/curto prazo, tático/médio prazo e estratégico/longo prazo de acordo com a figura 13.

Figura 13- Níveis de planejamento



Fonte: Neto (2017).

Cada um desses níveis tem características e objetivos específicos:

Planejamento de Curto Prazo ou Operacional: Este nível de planejamento é focado na execução imediata das atividades. Ele lida com a organização diária ou semanal das tarefas, garantindo que todos os recursos necessários estejam disponíveis e que as atividades sejam

concluídas conforme o planejado. O planejamento de curto prazo é essencial para manter a obra em andamento e evitar atrasos ou problemas imediatos (MATTOS, 2010).

Planejamento de Médio Prazo ou Tático: O planejamento de médio prazo serve como uma ponte entre o planejamento de curto e longo prazo. Ele geralmente abrange um período de cinco semanas e três meses e é usado para organizar e coordenar as atividades que serão realizadas nesse período. Isso pode incluir a contratação de mão de obra, a compra de materiais, a coordenação com fornecedores e subcontratados (MATTOS, 2010).

Planejamento de Longo Prazo ou Estratégico: Também conhecido como plano mestre, o planejamento de longo prazo é o nível mais alto de planejamento. Ele estabelece a visão geral do projeto, definindo os principais marcos, o escopo do trabalho e os objetivos gerais. O planejamento de longo prazo é crucial para definir a direção do projeto e garantir que todas as atividades estejam alinhadas com os objetivos gerais (Ballard e Howell, 1994).

Assim, cada nível de planejamento tem sua importância e todos eles devem estar presentes em todos os níveis gerenciais da organização de forma integrada. Para auxiliar a implementação e medição, existem várias tecnologias atualmente em uso na construção civil. Por exemplo, softwares de gerenciamento de projetos podem ser usados para definir metas, atribuir tarefas e monitorar o progresso do projeto. Como, a Linha de balanço, Curva S e Last Planner system.

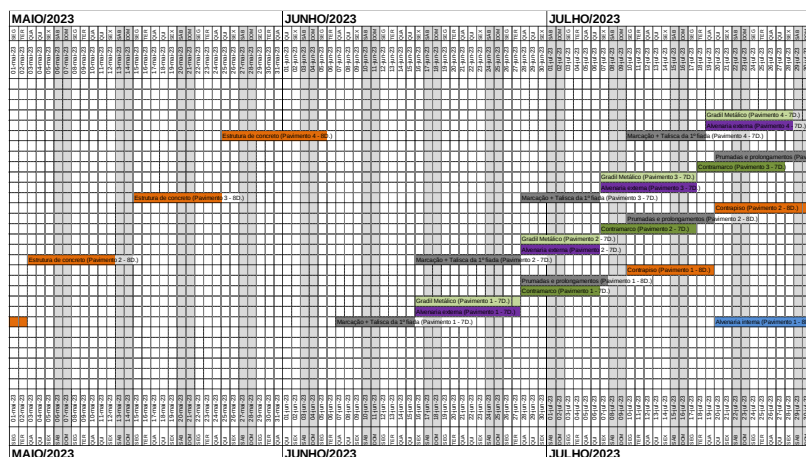
2.3.2 Linha de balanço

A Linha de Balanço ou LOB (do *inglês line of balance*) é uma técnica de planejamento e controle de prazo que foi criada pela Goodyear na década de 1940. A primeira aplicação ocorreu no setor de manufatura, sendo inicialmente empregada para programar o ritmo de produção. Posteriormente, foi aprimorada pela Marinha dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial. Desde 1942, essa ferramenta tem sido amplamente utilizada na indústria de produção contínua e em série, desempenhando um papel crucial ao buscar otimizar a relação de produção para o fluxo de fabricação, com o propósito fundamental de aprimorar o controle da produção (JOHNSTON, 1981).

Desde então, tem sido amplamente utilizada na construção civil, principalmente em projetos que possuem padrão de repetição, como prédios (JOHNSTON, 1981). A técnica consiste em um planejamento em que os locais da obra – serviços preliminares, infraestrutura,

pavimentos e trechos – são dispostos no eixo Y, enquanto o calendário segue no eixo X. As atividades ou serviços que serão realizados ficam na junção dos dois, formando um gráfico com diversas retas, conforme representado pela figura 14. Além das linhas, o planejamento pode ser visualizado também como um conjunto de blocos, em que a espessura equivale à duração da atividade (MATTOS, 2010).

Figura 14 - Linha de Balanço



Fonte: Bornholdt (2022).

Em termos de relevância como cronograma visual da obra, a Linha de Balanço facilita a visualização e promove maior participação e interação de todos os envolvidos na obra. Isso ocorre porque facilita a leitura e o entendimento do cronograma, mostrando de forma visual o ritmo e as necessidades de cada serviço. Dessa forma, permite uma visão mais completa e simples da execução das atividades, podendo melhorar a eficiência e produtividade do canteiro da obra (JUNQUEIRA, 2006). Algumas vantagens da Linha de Balanço:

Otimização de Recursos

A otimização e a utilização de recursos. Isso é fundamental em projetos de construção, nos quais a alocação eficiente de mão de obra e equipamentos é essencial para cumprir os prazos e manter os custos sob controle.

Controle de Fluxo de Trabalho

Com a Linha de Balanço, é possível manter um controle rigoroso sobre o fluxo de trabalho. Isso ajuda a evitar gargalos e a manter um progresso constante, o que é especialmente importante em projetos de grande escala.

Redução de Desperdício

Ao otimizar o fluxo de trabalho, a Linha de Balanço ajuda a reduzir o desperdício de recursos, como materiais e tempo. Isso não apenas economiza dinheiro, mas também contribui para práticas mais sustentáveis na construção civil.

Portanto, a Linha de Balanço facilita a identificação de problemas que podem levar a paralisações nas atividades, processos desnecessários, aumento de custos e atrasos. Com ela, é possível corrigir ou simular cenários de produção de uma forma rápida e intuitiva.

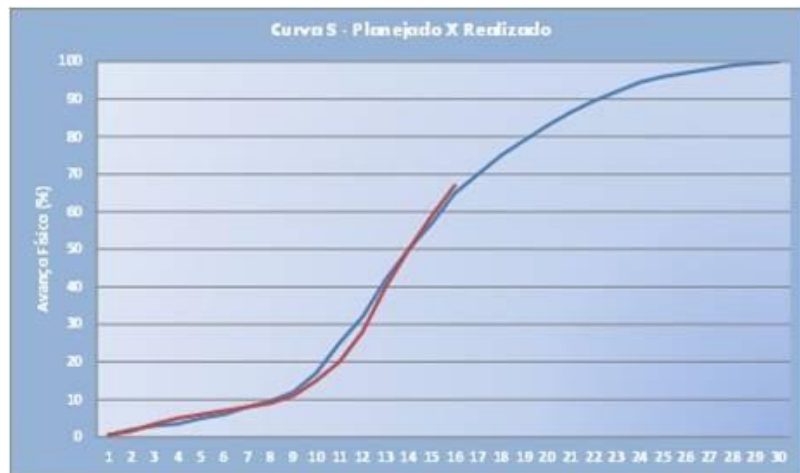
2.3.3 Curva S

A Curva S é uma ferramenta amplamente difundida e utilizada no cenário de gerenciamento de projetos no Brasil, e isso se deve à sua eficiência em fornecer informações gerenciais de maneira clara e à sua facilidade de compreensão. Ela é especialmente valiosa para avaliar o desempenho dos projetos por meio da comparação entre a curva prevista e a curva real, o que possibilita a detecção de desvios físicos e/ou financeiros (ZOPPA, 2016).

A representação gráfica da Curva S oferece uma visão visual da trajetória do projeto, permitindo que os gestores identifiquem se o consumo da variável analisada está de acordo com o planejamento inicial. Isso é particularmente relevante em projetos de engenharia, nos quais as variáveis físicas e financeiras desempenham papéis críticos (Lima; Coutinho, 2006).

A Curva S, como ferramenta de acompanhamento de projetos é essencial para o monitoramento do progresso das atividades, garantindo que o projeto esteja no caminho certo e permitindo que sejam feitas correções quando necessário. A representação gráfica da figura 15 em forma de "S" demonstra a relação entre o planejado em azul e o real em vermelho, mostrando a evolução do projeto ao longo do tempo.

Figura 15 - Gráfico da Curva S



Fonte: ZOPPA (2016).

2.3.4 Last planner system (Lps)

O sistema *Last Planner*, baseado em conceitos da produção enxuta, destaca-se como uma abordagem inovadora na gestão de empreendimentos. Desenvolvido por Glem Ballard e Howell em 1994 (FORMOSO, 2010). O Last Planner System (LPS) se destina a criar um ambiente de produção mais confiável, reduzindo a variabilidade no fluxo de trabalho. Esse sistema surgiu como uma alternativa ao planejamento tradicional, visando operar nos níveis tático e operacional da gestão de projetos (Ballard, 2000 apud Moura; Formoso, 2009).

Uma das características fundamentais do *Last Planner* é a definição de quem está na "ponta" do sistema produtivo, mais próximo da execução. Essa responsabilidade recai sobre o engenheiro residente, mestre de obras ou encarregado, que é responsável de programar as atividades no curto prazo, determinando o que será realizado no dia seguinte ou na semana seguinte (Ballard apud Sarcinelli, 2008). É nesse estágio que as últimas decisões são tomadas, permitindo ajustes na sequência de tarefas e na alocação de recursos, seja em termos de materiais ou mão-de-obra, com o objetivo de eliminar ou reduzir problemas que possam afetar a execução das atividades (Ballard e Howell apud Junqueira, 2006).

O *Last Planner* estabelece o que deve ser executado na obra, garantindo que as atividades sejam planejadas de acordo com a realidade do empreendimento. Isso implica em adaptar o que foi planejado com o que realmente pode ser executado, controlando e verificando as restrições para garantir que o trabalho seja concluído de forma eficaz (BALLARD, 2000).

2.3.5 Percentual da programação concluído (Ppc)

O Percentual da Programação Concluído (PPC) é uma métrica essencial no âmbito do planejamento e controle de obras, desempenhando um papel crucial na avaliação do progresso em projetos de engenharia civil. Na programação de curto prazo, o PPC oferece uma visão detalhada e quantificável do andamento das atividades, permitindo uma gestão mais eficiente e assertiva (MATTOS, 2010).

O PPC é uma medida expressa em termos percentuais que reflete o progresso real alcançado em comparação com o planejado. Ele é calculado considerando as atividades concluídas em relação ao total de atividades programadas para um determinado período. Essa abordagem permite uma análise precisa do cumprimento de prazos e metas estabelecidos no cronograma (MATTOS, 2010).

Os engenheiros civis podem utilizar essa métrica para identificar desvios, antecipar possíveis atrasos e tomar medidas corretivas rapidamente. O PPC permite uma abordagem proativa, garantindo que ajustes sejam feitos a tempo de evitar impactos significativos no cronograma global da obra (MATTOS, 2010).

O cálculo do PPC envolve a comparação do número de atividades concluídas com o número total de atividades programadas para o período (MATTOS, 2010). A fórmula básica é expressa na Eq. 1:

$$\text{PPC} = \left(\frac{\text{Atividades Concluídas}}{\text{Total de Atividades Programadas}} \right) \times 100 \% \quad (1)$$

Essa fórmula fornece um indicador claro do progresso, permitindo que a equipe de gerenciamento avalie rapidamente se o projeto está aderindo ao cronograma estabelecido.

Interpretação do PPC:

PPC = 100%: Indica que a obra está exatamente de acordo com o planejamento. Todo o trabalho planejado até a data foi concluído.

PPC > 100%: Reflete um progresso adiantado em relação ao cronograma. Isso pode ser resultado de eficiência na execução das atividades.

PPC < 100%: Sinaliza que o projeto está atrasado em relação ao cronograma. Este cenário requer uma análise cuidadosa das causas do atraso e a implementação de ações corretivas.

3 ESTUDO DE CASO

Para avaliar os efeitos e benefícios da metodologia *Lean Construction* no planejamento e controle de obras, foi conduzida uma análise de caso em um projeto de construção residencial localizado em Anápolis, Goiás. O estudo se baseou nos princípios *Lean* aplicados em todos os serviços da obra, além de analisar esses princípios em algumas das etapas do processo, incluindo o planejamento da obra, logística do canteiro e o acompanhamento da execução da contenção.

3.1 A EMPRESA

O estudo de caso realizou-se numa empresa de médio porte localizada em Anápolis, uma cidade situada no estado de Goiás. Os dados para este trabalho foram adquiridos nas instalações desta organização, que opera no setor da construção civil, envolvendo-se na construção e incorporação de propriedades residenciais há mais 10 anos.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

O estudo de caso escolhido caracteriza-se como residencial multifamiliar de alto padrão, situada na Avenida Brasil Norte, próxima da Uni Evangélica, um setor universitário da cidade de Anápolis. A figura 16 mostra a localização e o bairro, a figura 17 a fachada esquemática do empreendimento, a figura 18 a planta baixa, as figuras 19 e 20 demonstram o estágio de execução do mês de novembro de 2023 e a figura 19 a maquete eletrônica do empreendimento finalizado.

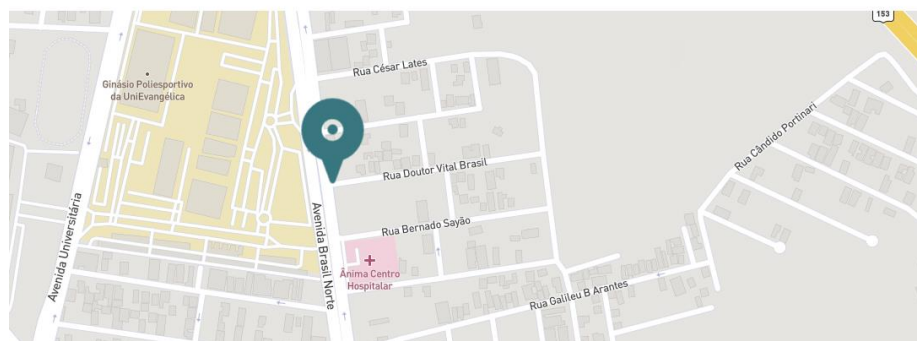
Ele trata-se de um empreendimento de torre única que possui 21 pavimentos, sendo um subsolo, um térreo e um pavimento garagem. Foi projetado com 5 quitinetes e 2 apartamentos do 1º ao 17º pavimento e no último pavimento encontra-se a área de lazer.

Os detalhes do empreendimento são:

- a) Área do terreno – 1.225,00m².
- b) Área construída – 10.767,28m².
- c) Número de blocos – 1 unidade.
- d) Número de quitinetes e apartamentos – 85 e 34 unidades.
- e) Área dos apartamentos tipos – 38,00m² a 69,00m².

Figura 16 - Localização do Empreendimento

AV. Brasil Norte c/ Rua Brasil Vital, Q 10, LT 1 e 3



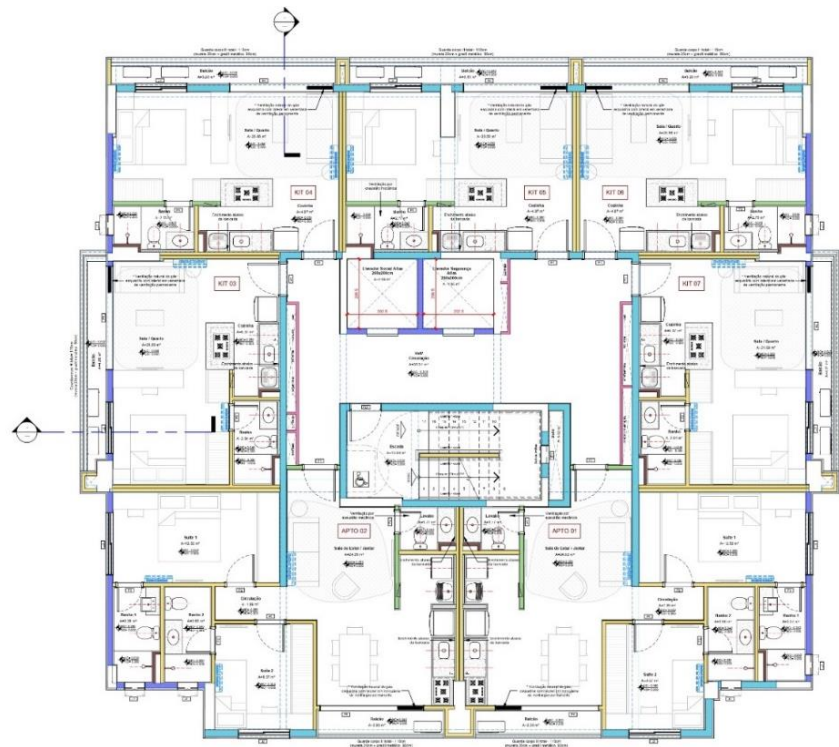
Fonte: Disponibilizado pela empresa (2022).

Figura 17 - Fachada Esquemática



Fonte: Disponibilizado pela empresa (2022).

Figura 18 - Planta Baixa



Fonte: Disponibilizado pela empresa (2022).

Figura 19 - Fase atual de execução do empreendimento (Fachada Lateral)



Fonte: O Autor (2023).

Figura 20 - Fase atual de execução do empreendimento (Fachada posterior)



Fonte: O Autor (2023).

Figura 21 - Maquete Eletrônica



Fonte: Disponibilizado pela empresa (2022).

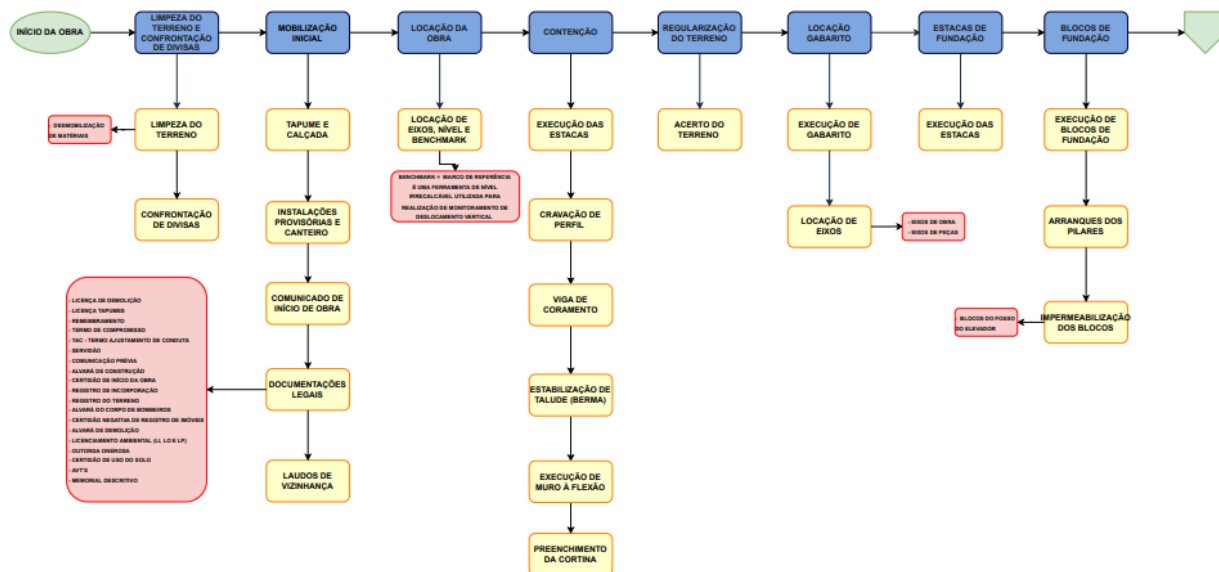
3.3 PLANEJAMENTO DA OBRA

Uma prévia de como é realizado o planejamento de obra para ter a compreensão de várias etapas necessárias e fundamentais. A concepção do planejamento começa pelo estudo de todos os projetos no caso mais de 36 disciplinas diferentes para a execução da obra, inclui projetos de arquitetura legal e executiva, estrutura de concreto (forma e armação), fundação, instalações prediais que abrangem elétrica, hidráulica, sanitária, gás, especiais, SPDA, CFTV, sistema de combate a incêndio, detecção e alarme de incêndio. Além disso, também engloba climatização, pressurização, exaustão, esquadrias, impermeabilização, topografia, sondagem, elevadores, fachada, contenção, desempenho técnico lumínico e acústico, estrutura metálica, paisagismo de fachada, aquecimento solar e outros.

E depois de algumas reuniões a equipe de planejamento e controle de obras chega em consenso para definir o Macrofluxo. Este consiste numa sequência lógica de atividades predecessoras e sucessoras. A ferramenta resume-se em transformá-las em um diagrama. Nesta fase, os serviços são organizados em etapas e subetapas, conforme ilustrado na Figura 22. Por exemplo, o serviço de contenção do empreendimento. Começa pela etapa primária (macro) contenção e em sequência as atividades secundárias (micro) a execução de estacas, cravação de perfil, viga de coroamento, sendo assim até a finalização. Dessa forma, fica claro a inter-relação entre a sequência das atividades a serem executadas.

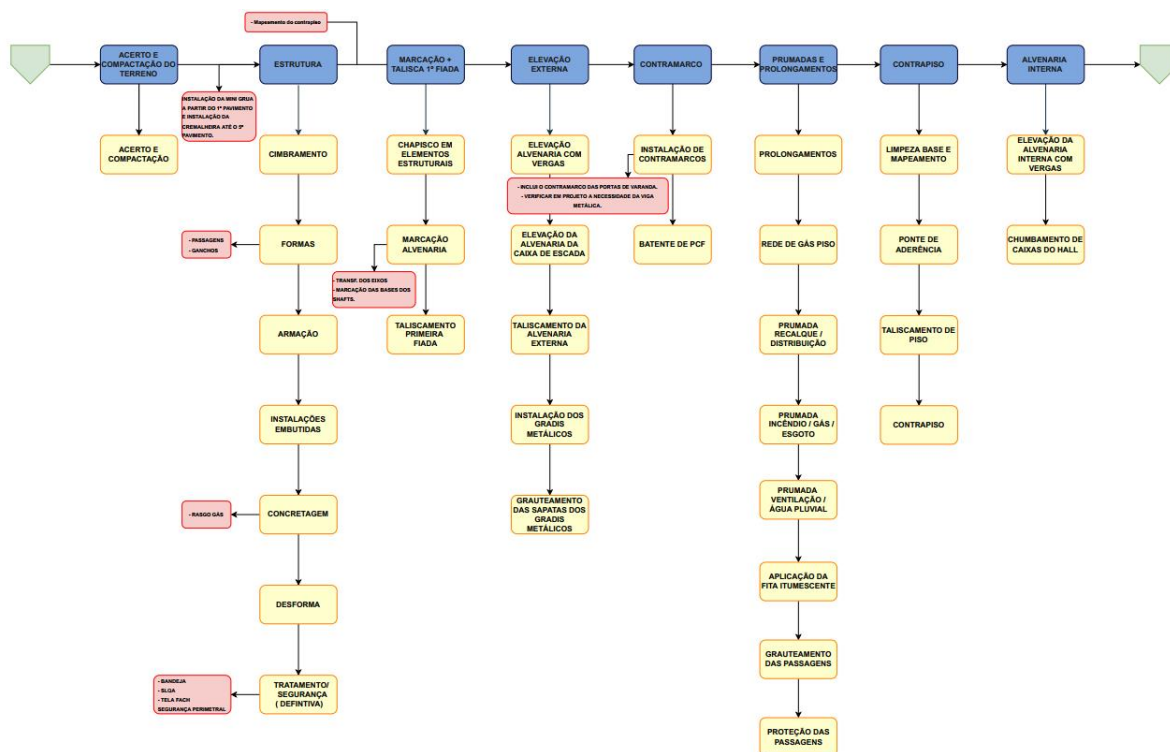
O Macrofluxo, traz a questão da padronização em que a empresa possui para seus empreendimentos, bem como as estratégias de alto nível compreendendo toda fase da obra no longo prazo. Os princípios 3, 4 e 7 do *Lean Construction* (Reduzir a variabilidade, reduzir o tempo de ciclo e aumentar transparência do processo) foram bem aplicados, pelo fato da padronização dos pacotes de serviços, o fluxo contínuo das atividades na linearidade das atividades macro numa espécie de produção puxada e a questão visual do diagrama que contribui para fácil compreensão e democratização das informações, agregando valor no canteiro de obra.

Figura 22 - Macrofluxo



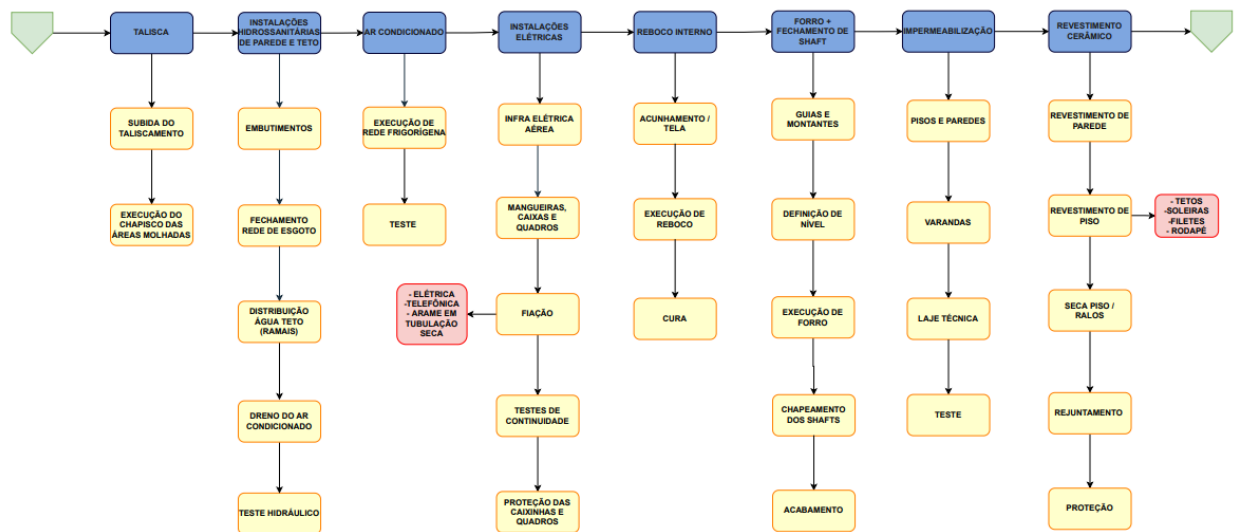
Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Figura 22 – Macrofluxo (Continuação)



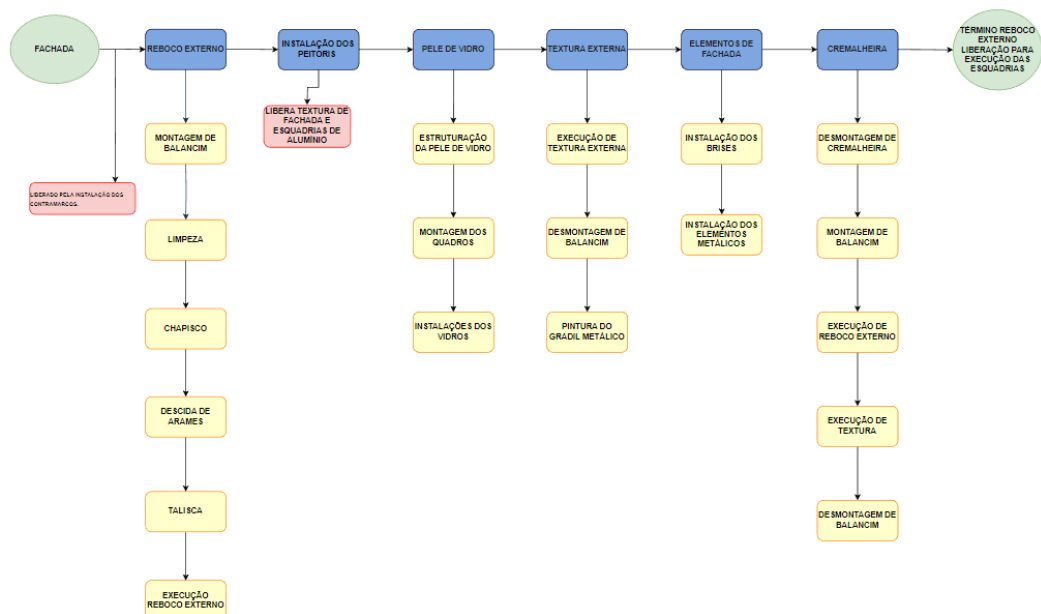
Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Figura 22 – Macrofluxo (Continuação)



Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Figura 22 – Macrofluxo (Continuação)



Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Após o desenvolvimento do Macrofluxo a próxima etapa é a decomposição dos serviços na EAP (Estrutura Analítica do Projeto), através do software *Ms Project*. A EAP trata-se das tarefas explodidas, começando pela etapa macro até a subetapa com mais detalhamento.

Estabelecendo a sequência lógica de predecessora e sucessora, nessa fase não poderá esquecer nenhuma atividade, caso aconteça comprometerá o cronograma da obra. Na figura 23 é demonstrada a EAP, desenvolvida para atender as necessidades do empreendimento e as particularidades inerentes.

A definição do tempo de execução da obra, este é estipulado pela empresa construtora, cabe ao planejador estudar a produtividade de cada serviço e sugerir as condições ideais para conseguir a entrega no tempo acertado. Após os estudos de produtividade de realização de serviços são definidas as datas de início e fim de cada atividade, ao finalizar é adicionado as colunas de linha de base, início e fim, que estabelece o parâmetro que guiará a obra até o final em relação ao prazo real e o planejado. Assim, a organização dessas informações fica mais explícitas para facilitar o acompanhamento e controle da obra.

O princípio 8 do *Lean Construction* (Focar o controle no processo global) é evidenciado nessa ferramenta de controle de planejamento, devido ter todas as atividades da obra detalhadas. Além de fornecer o mecanismo de medição dos serviços que faz a comparação de data planejada (Linha de base) com a data em que foi realizado o serviço ou data real. E com os resultados da medição é possível visualizar o cenário atual da obra (seja no prazo, atrasada ou adiantada) que auxilia o planejador e o gestor da obra criar possíveis planos de ação para restabelecer os prazos ou traçar estratégias.

Figura 23 - Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

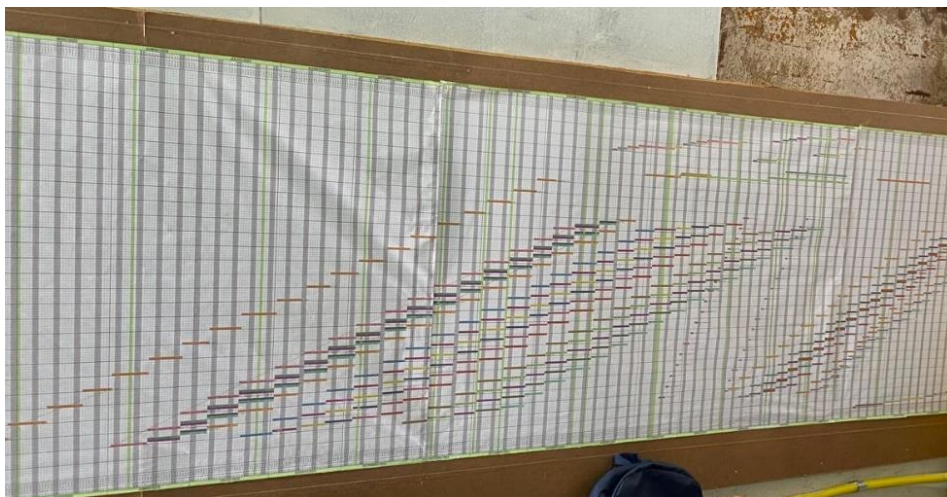
Id	Mi da Ta	Id	Resu	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predece	% concluíd	Início da Linha de Base	Término da linha de base
0		0	Sim	Hit Sky Club	588 dias	Sex 01/07/22	Qui 14/11/24		0%	Sex 01/07/22	Qui 31/10/24
1		1	Sim	SERVIÇOS PRELIMINARES	88 dias	Sex 01/07/22	Sex 04/11/22		6%	Sex 01/07/22	Ter 27/09/22
10		10	Sim	INFRAESTRUTURA	254 dias	Seg 12/09/22	Ter 03/10/23		4%	Seg 12/09/22	Sex 15/09/23
11		11	Sim	Locação da Obra	1 dia	Seg 12/09/22	Seg 12/09/22		100%	Seg 12/09/22	Ter 13/09/22
13		13	Sim	Contenções	244 dias	Seg 26/09/22	Ter 03/10/23		14%	Qui 14/09/22	Sex 15/09/23
29		29	Sim	Regularização Do Terreno	5 dias	Seg 07/11/22	Sex 11/11/22		0%	Qui 20/10/22	Qui 26/10/22
31		31	Sim	Locação Gabarito	3 dias	Seg 14/11/22	Qui 17/11/22		0%	Qui 27/10/22	Seg 31/10/22
33		33	Sim	Estacas de Fundação	31 dias	Sex 18/11/22	Seg 16/01/23		0%	Ter 01/11/22	Qui 15/12/22
42		42	Sim	Ensaio de prova de carga estática	1 dia	Qui 23/11/22	Qui 23/11/22		0%	Seg 07/11/22	Seg 07/11/22
44		44	Sim	Blocos de Fundação	60 dias	Ter 17/01/23	Qui 13/04/23		0%	Sex 16/12/22	Ter 28/03/23
53		53	Sim	Acerto e Compactação do Terreno	29 dias	Qui 16/03/23	Qui 27/04/23		0%	Qui 01/03/23	Ter 11/04/23
61		61	Sim	Lajes de Periferia	80 dias	Qui 18/05/23	Ter 12/09/23		0%	Qui 03/05/23	Sex 25/08/23
72		72	Sim	Piso sobre terra	74 dias	Qui 01/06/23	Seg 18/09/23		0%	Qui 17/05/23	Qui 31/08/23
78		78	Sim	CORPO DO PRÉDIO	421 dias	Qui 16/03/23	Qui 14/11/24		0%	Qui 01/03/23	Qui 31/10/24
79		79	Sim	TORRE	420 dias	Qui 16/03/23	Qui 13/11/24		0%	Qui 01/03/23	Qui 30/10/24
80		80	Sim	Estrutura de concreto	202 dias	Qui 16/03/23	Ter 09/01/24		0%	Qui 01/03/23	Qui 21/12/23
81		81	Não	Térreo	17 dias	Qui 16/03/23	Seg 10/04/23	48	0%	Qui 01/03/23	Qui 23/03/23
82		82	Não	Pavimento Garagem	15 dias	Ter 11/04/23	Qui 03/05/23	81	0%	Sex 24/03/23	Sex 14/04/23
83		83	Não	Pavimento 1	10 dias	Qui 04/05/23	Qui 17/05/23	82	0%	Seg 17/04/23	Ter 02/05/23
84		84	Não	Pavimento 2	8 dias	Qui 18/05/23	Seg 29/05/23	83	0%	Qui 03/05/23	Sex 20/05/23
85		85	Não	Pavimento 3	8 dias	Ter 30/05/23	Sex 09/06/23	84	0%	Seg 15/05/23	Qui 24/05/23
86		86	Não	Pavimento 4	8 dias	Seg 12/06/23	Qui 21/06/23	85	0%	Qui 25/05/23	Seg 05/06/23
87		87	Não	Pavimento 5	8 dias	Sex 23/06/23	Ter 04/07/23	86	0%	Qui 07/06/23	Sex 16/06/23
88		88	Não	Pavimento 6	8 dias	Qui 05/07/23	Sex 14/07/23	87	0%	Seg 19/06/23	Qui 29/06/23

Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Em seguida, é desenvolvida a linha de balanço ou LOB (do *inglês line of balance*) da obra com origem nesse cronograma do *Ms Project*, em que faz parte do planejamento estratégico/longo prazo, uma representação gráfica do cronograma de forma mais visual. Através da LOB, é possível identificar todas as atividades da obra como calendário na parte inferior, superior e os serviços a serem executados em forma de barras, conforme demonstra na figura 24.

A LOB, apesar de ter surgido antes do *Lean Construction*, ela possui embasamento nos princípios 1, 3, 4, 7, 8 e 9 (Reduzir a parcela de atividade que não agregam valor, reduzir a variabilidade, reduzir o tempo de ciclo de produção, aumentar a transparência do processo, focar o controle no processo global e introduzir melhoria contínua no processo) porque a LOB torna mais fácil controlar os estoque e contratação de mão de obra, além de diminuir a exposição do caixa da obra, bem como a padronização dos pacotes de serviços que serão repetidos nos pavimentos sucessores. Essa repetição de atividade inevitavelmente leva a proficiência e melhoria dos processos. Além disso, ao observar a LOB é possível identificar os espaços de tempo improdutivo tais como folgas, conflitos. Então, partindo da análise visual da LOB, fica mais prático definir o ritmo de modo não perder o fluxo contínuo. Uma das grandes vantagens é que a LOB, é disponibilizada no canteiro de obra para todos os colaboradores terem acessos, de forma a democratizar as informações.

Figura 24 - Linha de Balanço do Empreendimento



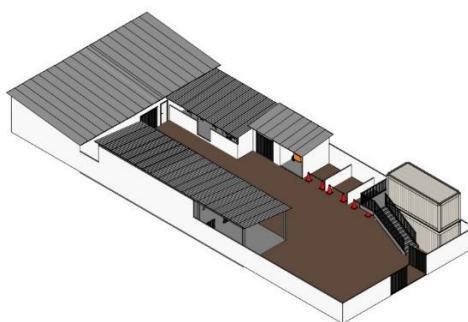
Fonte: Bornholdt (2022).

3.3.1 Planejamento logístico

Outro planejamento que possui relação com *Lean Construction* é o logístico da obra, os princípios 5, 7 (Simplificar através da redução do número de passos ou partes, aumentar a transparência do processo) são respeitados no canteiro de obras, onde são definidos fluxos de entrada e saída de pessoas e matérias.

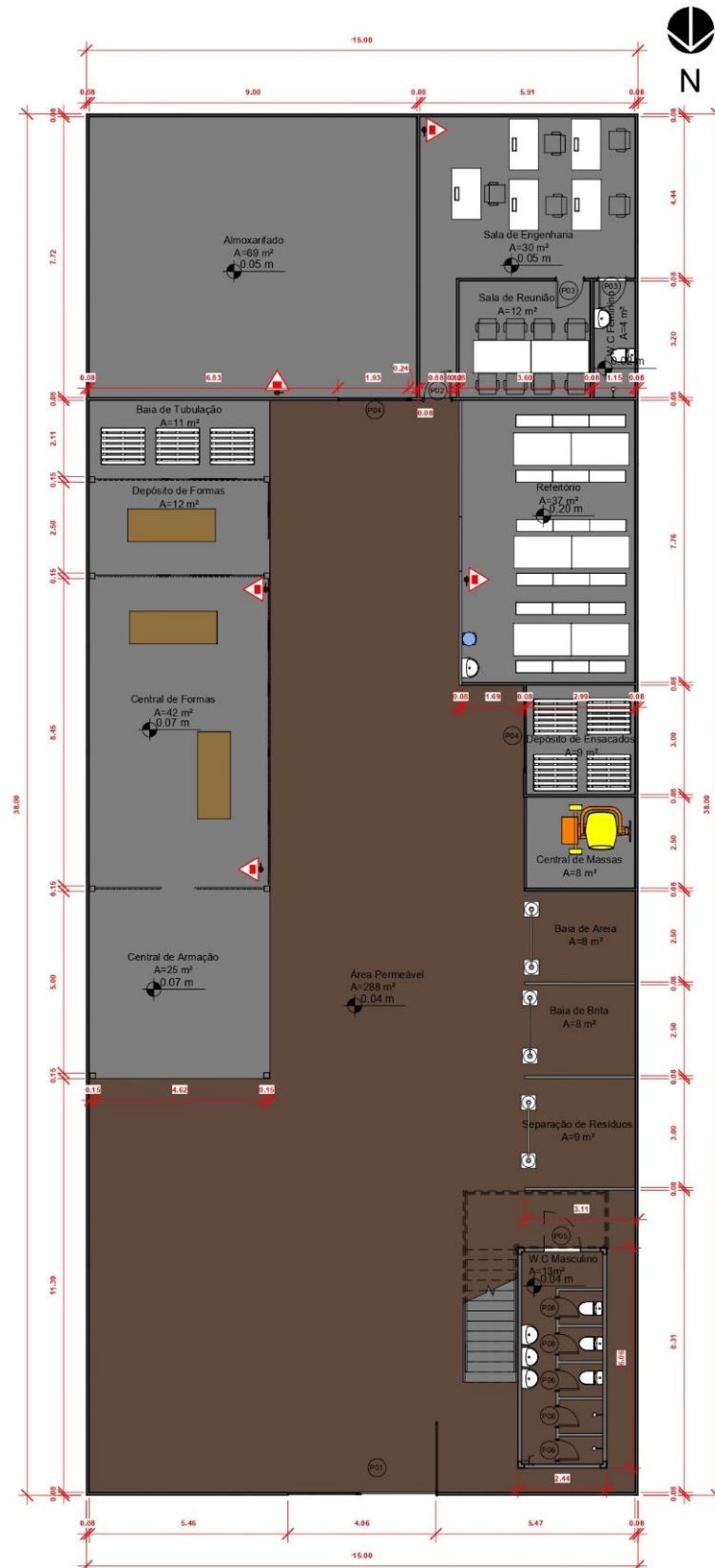
O projeto do canteiro, é importante para organizar os acessos para proporcionar o menor desperdício logístico. Conforme as figuras 25 e 26 demonstra as delimitações dos ambientes, tais como depósitos de ensacados, baias de tubulações, central de armação, fôrmas, almoxarifado, sala de engenharia, vestiário e refeitório.

Figura 25 - Perspectiva do Canteiro



Fonte: O Autor (2022).

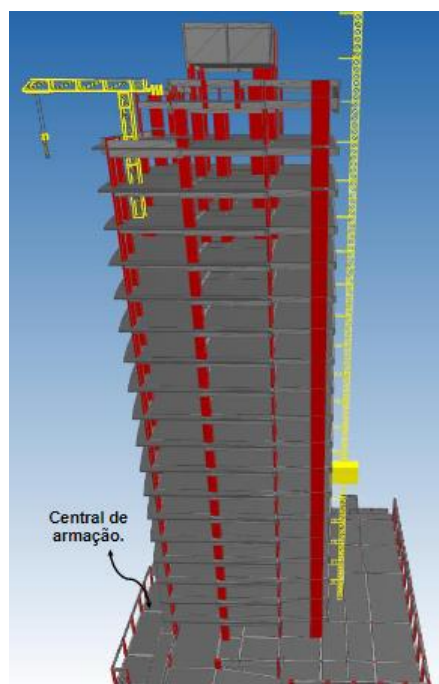
Figura 26 - Planta do Canteiro



Fonte: O autor (2022).

Além disso, na estrutura do prédio foi planejado as posições dos equipamentos que fazem a logística na torre, na figura 27, a minigrua e o elevador cremalheira. Os princípios 1, 4 e 10 (reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo e manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões) foram bem empregados, no caso da minigrua (mini guindaste), usada para içamento de matérias na fase de estrutura da obra como armaduras de vigas, pilares e as ferragens para laje. O Elevador cremalheira, usado para transporte de pessoas e abastecimento de matérias nos pavimentos. Estes equipamentos são importantes para facilitar o fluxo e aumentar a produtividade e otimização de processo além de reduzir o tempo entre as atividades.

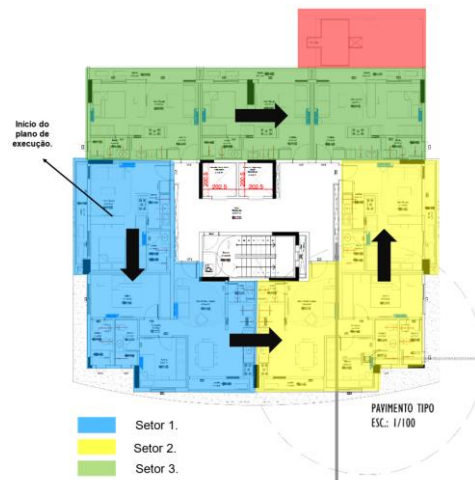
Figura 27 - Posições da Minigrua e Elevador Cremalheira



Fonte: Seja vertical (2022).

Outro fator, é a definição do fluxo logístico e a setorização dos pavimentos tipo, isso facilitar o acompanhamento e a medição física dos serviços. O plano de execução dos serviços é indicado pelas setas conforme a figura 28.

Figura 28 – Setorização e Fluxo do Pavimento Tipo

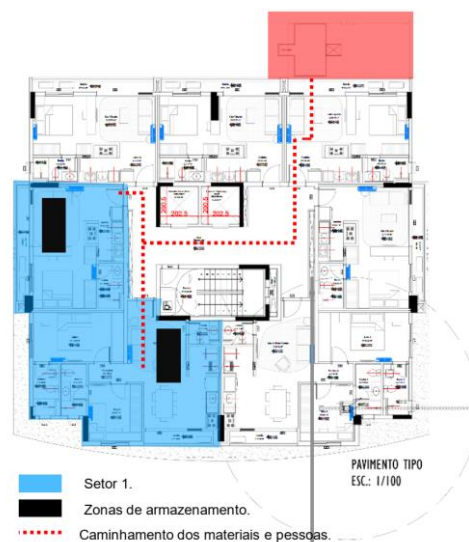


Fonte: Seja vertical (2022).

É importante também, no plano logístico o local onde o material será armazenado, nesse caso será dentro de cada apartamento. Segundo a filosofia *Lean*, a delimitação do local de armazenamento traz mais valor ao material e facilita a organização do pavimento.

Exemplo, na execução da alvenaria interna o caminho dos materiais e pessoas se tornam ainda maiores. Portanto, conforme as figuras 29, 30 demonstram os melhores locais para o armazenamento dos materiais para mais facilitar a execução das atividades. Os princípios 1, 5(reduzir parcelas de atividades que não agregam valor, simplificar através da redução do número de passos ou partes) se dá pelo bem elaboração dos fluxos e armazenagem.

Figura 29 - Plano Logístico Setor 1 do Pavimento Tipo



Fonte: Seja vertical (2022).

Figura 30 - Plano Logístico Setor 2, 3 do Pavimento Tipo

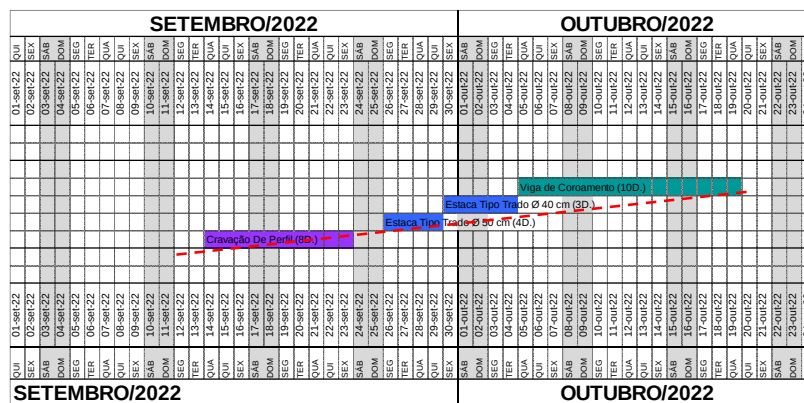


Fonte: Seja vertical (2022).

3.4 SERVIÇO DE CONTENÇÃO

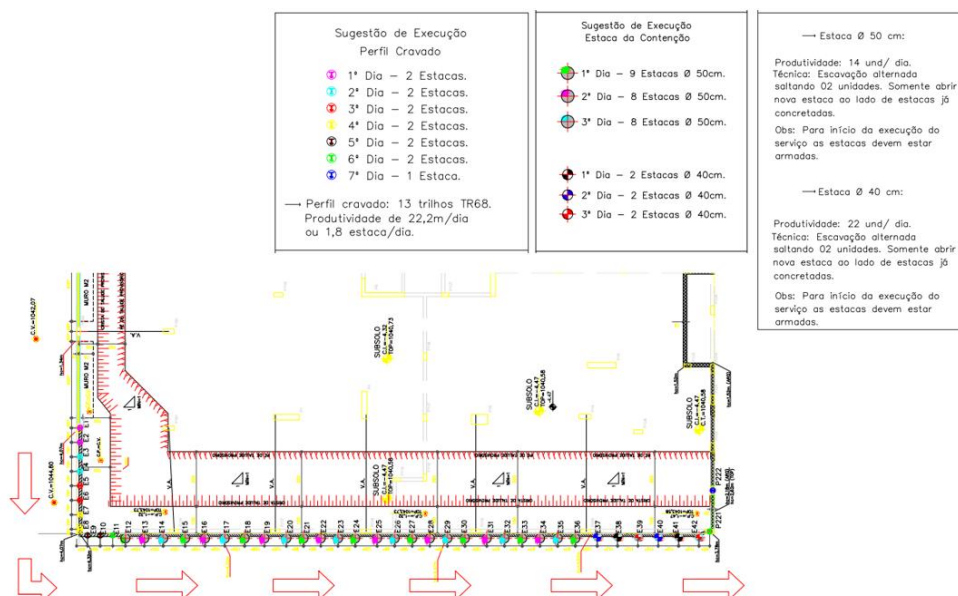
Na figura 31, possui o recorte da linha de balanço entre o mês de setembro e outubro de 2022. A sequência de execução da contenção na figura 32, planejada para começar pelo trilho metálico com a cravação do perfil (representada na cor roxa) para ser realizada nas datas de 14 de setembro de 2022 á 23 setembro de 2022, depois a seguir, a escavação das estacas tipo trado de diâmetro 50cm e 40cm (representada na cor azul), durante as datas 26 de setembro de 2022 á 04 de outubro 2022 e por fim a execução da viga de coroamento (representada na cor azul petróleo) nas datas 05 de outubro de 2022 á 19 de outubro de 2022.

Figura 31 - Sequência de execução da contenção na LB



Fonte: Bornholdt (2022).

Figura 32 - Planejamento Visual da Execução da Contenção



Fonte: Bornholdt (2022).

Sabendo dessas informações o gestor da obra remove com antecedência as restrições para execução do serviço no planejamento tático ou médio prazo. A figura 33, mostra o modelo de planilha e os tipos de restrições a serem retiradas, como, mão de obra, materiais e segurança, ou seja, tudo aquilo que possa impedir a realização do serviço. Nesse caso foram retiradas restrições como, locação de equipamento para acerto e compactação no terreno, máquina de furação de estacas, lançamento do concreto e mão de obra para confecção da armadura da viga de coroamento. Assim, o uso da ferramenta de forma correta, facilita de antemão a contratação de mão de obra, maquinário, compra e chegada de matérias no tempo adequado.

Figura 33 - Planejamento Tático

PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO										
Concluído no prazo Cancelado fora do prazo Fora do Prazo (Solicitado)										
OBRA:	TIPO DE RESTRIÇÃO						Período: 08/2022 a 10/2022			IRR: _____
Linha de Produção/Serviço	Início da atividade	M.O.	MAT.	EQP.	SEC.	OUT.	Ação de remoção	Responsável	Prazo Final	RESPOSTA:
CONTENÇÃO	14/09/2022			X			Locação de Equipamento para acerto no Terreno/Caminhamento da máquina		05/09/2022	OK
LOCAÇÃO DA OBRA E GABARITO	17/08/2022	X					Lançar contrato do topográfico no sítio		02/09/2022	OK
SEGURANÇA	14/09/2022				X		Alinhar com o depart. de segurança quais documentos são necessários para iniciar obra		30/09/2022	OK
SEGURANÇA	14/09/2022					X	Solicitar envio de uma lista de epi's e epc's obrigatórios para início de obra		30/09/2022	OK
RH	16/08/2022					X	Fazer transferência de contrato.		02/09/2022	OK
LOCAÇÃO DA OBRA E GABARITO	17/08/2022	X					Equalização de proposta para m.o de confecção do gabarito		20/09/2022	OK
MOBILIZAÇÃO INICIAL	18/08/2022	X					Lançar contrato de m.o de execução do canteiro		02/09/2022	OK
LOCAÇÃO DA OBRA E GABARITO	17/08/2022	X					Lançar contrato p/ m.o de confecção do gabarito		30/09/2022	OK
CONTENÇÃO	14/09/2022			X			Lançar contrato da Máquina de Furação das Estacas		02/09/2022	OK
CONTENÇÃO	14/09/2022	X					Lançar Contrato de M.O para Armação das estacas a trado, viga de coroamento e muro a flexão		07/09/2022	OK
CONTENÇÃO	14/09/2022	X	X				Lançar contrato de lançamento e concreto usinado		07/09/2022	OK
CONTENÇÃO	14/09/2022	X					Lançar contrato de confecção de formas das vigas de coroamento		30/09/2022	OK
CONTENÇÃO	14/09/2022			X			Lançar contrato do equipamento para acerto no terreno/caminhamento da máquina		16/09/2022	OK
FUNDAÇÃO	03/11/2022			X			Lançar contrato da máquina para furação das estacas hélice		02/09/2022	OK
ORÇAMENTO	16/08/2022					X	Apresentação dos produtos entregues a obra.		18/09/2022	OK

Fonte: O autor (2022).

Ao eliminar as restrições, o próximo nível é o planejamento operacional ou curto prazo, nas figuras 34 e 35, mostram preenchimento e a delimitação dos pacotes de trabalho e conjunto de serviços a serem executados no período de uma semana. Portanto, a operação entre os níveis de planejamentos tático e semanal, são denominados de *Last Planer System* ou último planejador em português, criado por Ballard e Howell em 1994. O objetivo do LPS é chegar no momento da execução sem nenhuma restrição e caso haja alguma restrição que não foi identificada, ela vira causa de não cumprimento de atividade no final da semana. Assim, durante as reuniões no canteiro de obra é analisada e classificada os motivos de não realização de forma a gerar uma curva de aprendizado.

Figura 34 - Planejamento semanal (semana 03)

PLANEJAMENTO SEMANAL																	VERSÃO				
Obra: Hit Sky Club										Engº Responsável:		01									
Período: 19/09/2022										Semana: 03											
Concluído no prazo										Iniciado ou Concluído fora do prazo ou com faltas										Fora do Prazo (Reprogramar)	
Cod.	Linha de Produção	Local	Descrição	Equipe	Prev./ Real.	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	+	Status	Motivo PPS	Motivo PPC	Obs	Início/ Fim					
1	CONTENÇÃO	OBRA	REUNIÃO QUANTO A DEFINIÇÃO DA TERRAPLANAGEM		Prev.: Real.:	19/set	20/set	21/set	22/set	23/set		OK				19/09					
2	CONTENÇÃO	OBRA	MOVIMENTAÇÃO DE TAPUME		Prev.: Real.:							OK	6			20/09					
3	CONTENÇÃO	OBRA	REMOÇÃO DE OUTDOOR		Prev.: Real.:							OK				21/09					
4	CONTENÇÃO	OBRA	TERRAPLANAGEM PARA ACESSO DO MAQUINÁRIO		Prev.: Real.:							OK		12		26/09					
Cod.	MO	MAT	EQP	Set	Observação										Tabela de Motivos						
2	x				20/09 - Equipe não compareceu a obra										1. Equipe produzindo abaixo do planejado						
															A equipe foi dimensionada com certa produtividade e não rendeu o planejado.						
															2. Mudança de plano de ataque						
															Mudança na estratégia durante a execução do pacote (direcionamento para outra atividade).						
															3. Predecessoras concluídas fora do prazo						
															A atividade predecessora atrasou e a equipe não conseguiu iniciar na data planejada.						
															4. Falta de Material						
															Operário não pôde executar a tarefa devido a falta de material no pavimento (Ex: creme/hierba quebrada não substitui material de piso).						
															5. Chuva						
															Para casos de fachada e serviços em área externa (Ex: Chuvas contínuas que impedem realização dos trabalhos de impermeabilização)						
															6. Absenteísmo						
															Faltas de um ou mais integrantes da equipe que não foram possíveis ser recuperadas gerando atraso no pacote.						
															7. Segurança						
															Problemas ligados a segurança que implicaram na paralisação do pacote de trabalho.						
															8. Retrabalho						
															Casos em que houver necessidade de voltar a equipe para um pacote de trabalho já recebido e paralisar o pacote sendo executado.						
															9. Indefinição de projetos						
															Falta de projeto executivo ou paralisação a pedido da área de projeto devido a possível mudança. Solicitar formalização de pedido por email.						
															10. Greve						
															Em caso de greve de funcionários ou transporte público.						
															11. Mudança de fornecedor						
															Casos de troca de fornecedor.						
															12. Produção Subestimada						
															Deve ser utilizada quando a equipe produzir acima do programado.						
															13. Falha de Programação						
															Deve ser utilizada quando ocorre um erro em planejar uma tarefa que não pode ser realizada.						
															14. Falta de energia						
															Deve ser utilizada quando ocorrer falta de energia.						

3.4.1 Acompanhamento da contenção

Durante dois períodos quinzenais o departamento de planejamento e controle de obras, faz o acompanhamento da obra para realizar as medições dos serviços através do software MS Project. Nessas medições são verificadas as atividades previstas e realizadas do cronograma da obra, caso tenha algumas pendências de serviços, essas atividades são reprogramadas. São meios de controle do cronograma, para saber os cenários em que a obra se encontra, como, adiantada ou atrasada. As figuras 36, 37, demonstram as atividades que foram executadas no mês de setembro e a figura 38, a viga de coroamento que foi executada no mês de outubro e novembro de 2022. E na figura 39, o filtro do mês de setembro e a medição das atividades que foram executadas dentro do mês no software Ms Project.

Figura 36 – Execução da estaca trado



Fonte: O autor (2022).

Figura 37 – Execução do trilho metálico



Fonte: O autor (2022).

Figura 38 – Execução da viga de coroamento



Fonte: O autor (2022).

Figura 39 - Medição no Ms project do mês de setembro de 2022

Id	Me da Ta	Id	Resu	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predece	% concluída	Início da Linha de Base	Término da Linha de base
0		0	Sim	HR Site Club	588 dias	Sex 01/07/22	Qui 14/11/24		0%	Sex 01/07/22	Qui 14/11/24
1		1	Sim	SERVIÇOS PRELIMINARES	88 dias	Sex 01/07/22	Sex 04/11/22		0%	Sex 01/07/22	Ter 27/09/22
4		4	Sim	Canteiro de Obras + Tapume	47 dias	Seg 29/08/22	Sex 04/11/22		0%	Ter 30/08/22	Ter 27/09/22
5		5	Não	Serviços Preliminares	47 dias	Seg 29/08/22	Sex 04/11/22	31h:39	0%	Ter 30/08/22	Ter 27/09/22
8		8	Sim	Acesso Maquinário	2 dias	Qui 22/09/22	Sex 23/09/22		100%	Ter 06/09/22	Sex 09/09/22
9		9	Não	Serviços Preliminares	2 dias	Qui 22/09/22	Sex 23/09/22		100%	Ter 06/09/22	Sex 09/09/22
10		10	Sim	INFRAESTRUTURA	254 dias	Seg 12/09/22	Ter 03/10/23		4%	Seg 12/09/22	Sex 15/09/23
11		11	Sim	Locação de Obra	1 dia	Seg 12/09/22	Seg 12/09/22		100%	Seg 12/09/22	Ter 13/09/22
12		12	Não	Eixos/Níveis/Benchmark	1 dia	Seg 12/09/22	Seg 12/09/22		100%	Seg 12/09/22	Ter 13/09/22
13		13	Sim	Contenção	244 dias	Seg 26/09/22	Ter 03/10/23		14%	Qui 14/09/22	Sex 15/09/23
14		14	Sim	Cravação de Perfil	6 dias	Seg 30/09/22	Seg 07/10/22		100%	Qui 14/09/22	Sex 23/09/22
15		15	Não	Concreção (13 Trilhos TR68)	6 dias	Seg 30/09/22	Seg 07/10/22		100%	Qui 14/09/22	Sex 23/09/22
16		16	Sim	Estaca Tipo Trado	7 dias	Seg 26/09/22	Ter 04/10/22		100%	Seg 26/09/22	Ter 04/10/22
17		17	Sim	Estaca Tipo Trado Ø50 cm	5 dias	Seg 26/09/22	Sex 30/09/22		100%	Seg 26/09/22	Qui 29/09/22
18		18	Não	Concreção (25 Estacas Ø 50 cm)	5 dias	Seg 26/09/22	Sex 30/09/22		100%	Seg 26/09/22	Qui 29/09/22

Fonte: Bornholdt e Pires (2022).

Após os acompanhamentos é realizado um relatório com a evolução física mensal da obra que possui um indicador de velocidade planejada na cor verde. Este percentual, trata-se do orçamento da obra inserido no cronograma de longo prazo, ou seja, cada atividade possui um peso representativo, então o somatório de todas as atividades prevista para o mês de setembro é de 1,49%. Com o medido na cor preta no mês de setembro, a evolução física, ficou com o desvio negativo de -0,59%, como ilustrado na figura 40.

Figura 40 - Evolução física mensal



Fonte: O autor (2022).

Causa disso, é demonstrado na figura 41, entre a comparação de previsto (*baseline* ou linha de base) e realizado (Real + Tendência), percebe-se que a maioria das atividades foram executadas em atraso, além de atividades como de canteiro de obra + Tapume, ligação provisória, que serão executadas nos meses seguintes ao planejado.

Figura 41 - Análise Previsto x Realizado

ANÁLISE PREVISTO X REALIZADO						
lanejamento	Baseline		Real + Tendência		Status	
	Início Previsto	Término Previsto	Início Real	Término Real		
HIT SKY CLUB	01/09/2022	31/10/2022	01/09/2022	14/11/2022	Atrasada ✖	-14 dias
Canteiro de Obras + Tapume	30/08/2022	27/09/2022	29/08/2022	04/11/2022	Atrasada ✖	-38 dias
Ligação Provisória	30/08/2022	20/09/2022	03/10/2022	24/10/2022	Atrasada ✖	-34 dias
Acesso ao Maquinário	06/09/2022	09/09/2022	22/09/2022	23/09/2022	Atrasada ✖	-14 dias
Locação da Obra	12/09/2022	13/09/2022	12/09/2022	12/09/2022	Adiantada ✔	1 dias
Cravação de Perfil Metálico	14/09/2022	23/09/2022	30/09/2022	07/10/2022	Atrasada ✖	-14 dias
Estacas Tipo Trado	26/09/2022	04/10/2022	26/09/2022	04/10/2022	No Prazo ⚠	0 dias
Vigas de Coroamento	05/10/2022	19/10/2022	10/10/2022	04/11/2022	Atrasada ✖	-16 dias
Muro a Flexão	27/10/2022	16/12/2022	14/11/2022	17/01/2023	Atrasada ✖	-32 dias
Regularização do Terreno	20/10/2022	26/10/2022	07/11/2022	11/11/2022	Atrasada ✖	-16 dias
Locação Gabarito	27/10/2022	31/10/2022	14/11/2022	17/11/2022	Atrasada ✖	-17 dias
Estacas de Fundação	01/11/2022	15/12/2022	18/11/2022	16/01/2023	Atrasada ✖	-32 dias

Fonte: O autor (2022).

Comparando a data de entrega final do cronograma de longo prazo ou linha de base, com a data atual, após a medição no Ms Project. A obra está atrasada em 14 dias, conforme demonstrado pela figura 42.

Figura 42 - Variação do Prazo

Variação de Prazo				
Mês	Linha Base	Data Atual	Desvio	Reprog.
set/22	31/10/2024	14/11/2024	✖ -14	
out/22	31/10/2024			
nov/22	31/10/2024			
dez/22	31/10/2024			

Fonte: O autor (2022).

No relatório, é descrito o histórico de problemas, riscos, falhas e pendência que a equipe de produção enfrentou, alguns evidenciado na figura 43, no caso do bate estaca, mudou para escavação a fim de reduzir o tempo de execução dos trilhos metálicos.

Figura 43 - Histórico de riscos e problemas

MES DE OCORRÊNCIA	DESCRIÇÃO DO RISCO/PROBLEMA	CONSEQUÊNCIA	ACOMPANHAMENTO
Setembro/2022	Acesso Bate Estaca – Cravação Perfis Metálicos.	Atraso no início do serviço e consequentemente na entrega da obra.	Solucionado.
Setembro/2022	Atraso na disponibilização do projeto executivo e compra do aço da viga de coroamento.	Atraso na execução das vigas de coroamento que como caminho crítico, atraso no prazo da obra.	Programado para chegar em 25/10.
Setembro/2022	Falta de material para execução do canteiro.	Paralisação na execução do canteiro de obras.	Não Solucionado.

Fonte: O autor (2022).

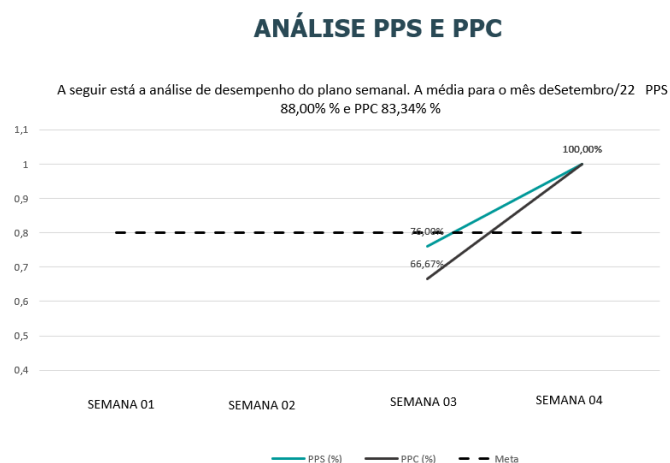
No final do relatório é demonstrado os indicadores das ferramentas de medição de produção: planejamento tático/médio prazo e o planejamento semanal. Quanto ao planejamento tático, foram planejadas 15 atividades para o mês de setembro/22 e realizadas 13, resultando em um índice IRR (Índice de retirada de restrições) de 87%, ilustrado pela figura 44. No planejamento semanal a obra finalizou com uma média de PPS (percentual de planos startados) de 88% e PPC (percentual de planos concluídos) 83,4%, conforme demonstrado pela figura 45.

Figura 44 - Planejamento tático



Fonte: O autor (2022).

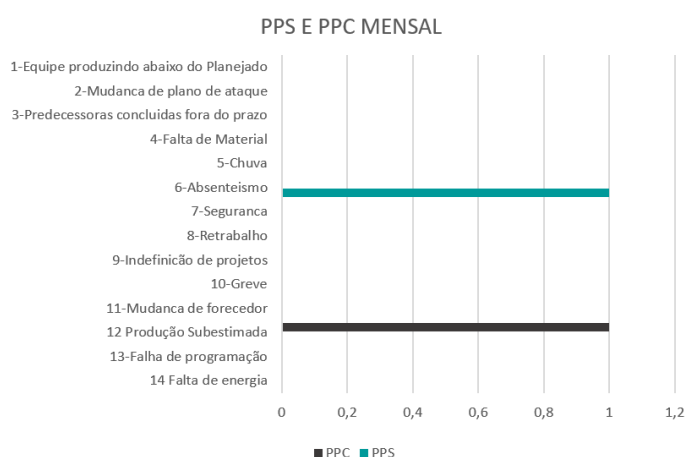
Figura 45 - Análise PPS e PPC



Fonte: O autor (2022).

E os principais motivos de PPS e PPC dentro do mês de setembro de 2022, conforme demonstrado pela figura 46. Para não inicialização das atividades durante o período foi por absenteísmo. No PPC, o principal motivo para não conclusão das atividades, refere a mão de obra, podendo ser por falta de qualificação, que leva uma produção abaixo do esperado.

Figura 46 - PPS e PPC



Fonte: O autor (2022).

Portanto, o acompanhamento da obra é extremamente importante, a obra é um sistema mutável e dinâmico, um planejamento pode virar obsoleto rapidamente se não for atualizado. Essa atualização é feita duas vezes no mês, conforme mencionado anteriormente, e traz um norte da situação da obra, o relatório da medição mensal, contém os avanços físicos e financeiro, bem como as metas estabelecidas e os registros de falhas com os indicadores das maiores causas por não cumprimento do cronograma. É perceptível, as aplicações do *lean construction*, nos princípios 1, 4, 7, 8 e 9 (Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor, reduzir o tempo de ciclo, aumentar a transparência do processo global, focar o controle no processo global e introduzir melhoria contínua no processo). Com a linha de balanço disponibilizada no canteiro, há uma transparência de informações para todos envolvidos, o gestor da obra, consegue remover as restrições para execução dos serviços, eliminando os desperdícios, além do acompanhamento que mostra o rumo que a obra está tomando, e no relatório um conjunto de indicadores que demonstram os resultados e os pontos que precisam melhorar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do referencial teórico, foi introduzido o conceito de *Lean Construction*, uma metodologia que busca reduzir desperdícios e prazos de execução, enquanto aumenta qualidade e a lucratividade. Explorou-se a aplicação dessa abordagem, destacando suas principais ferramentas e princípios, e conduziu-se um estudo de caso em um edifício multifamiliar que teve como objetivo identificar os efeitos dessa filosofia no planejamento e controle, através da relação e aplicação dos 11 princípios *Lean*.

Desse modo, a partir da análise do cronograma, ferramentas e dados fornecidos pela empresa foi possível verificar os impactos no planejamento da obra por meio dos princípios do *Lean*. Sendo assim, o resultado do estudo fora alcançado pelo fato de o planejamento simplificar os processos, trazer clareza e controle num sistema que é mutável e dinâmico.

No serviço de contenção, foi descrito como a empresa faz o a gestão e acompanhamento, isso é feito mensalmente, e como é realizado as medições de serviços, e a importância de fazer esse acompanhamento *in loco* reforçando princípio 8 (Focar controle no processo global) do *Lean*, porque aquilo que não pode ser medido não pode ser controlado. A partir desse acompanhamento e as gerações dos relatórios, onde é disponibilizado os indicadores de desempenho, histórico de falhas, cria uma curva de aprendizagem. Nesse caso específico do mês de setembro de 2022, não foi alcançado a meta prevista no mês, mas com os registros dos motivos, e as falhas, consegue chegar à causa raiz dos problemas para que não haja repetição de erros. Além disso, permite ao planejador e o gestor da obra, criar possíveis planos de ações para restabelecer o prazo do cronograma de longo prazo.

No entanto, o estudo possui algumas limitações, ainda mais por ser de um único caso. Assim, a sugestão de trabalhos futuros fazer a verificação de mais obras a fim de aumentar espaço amostral e acrescentar ao debate os efeitos do *lean construction* no planejamento. Além desse, outro estudo seria avaliar o *lean construction* com o orçamento da obra, demonstrando os valores orçados e os valores praticados em obras que seguem essa metodologia. E, estudos futuros, podem fazer o comparativo de obras que são organizadas e estruturadas que seguem os preceitos dessa metodologia e obras tradicionais que não seguem, para avaliar as vantagens, desvantagens e eficiências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, T.C.L. 2000. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudo de caso**. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.
- BRASIL, L. I. **Sistema Toyota de produção**, 2023. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-productionsystem--tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-productionsystem--tps).aspx) Acesso em: 28 de abril de 2023.
- BALLARD, Herman Glenn. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Tese de Doutorado em Engenharia Civil - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **CBIC revisa projeção de crescimento e construção deve crescer 1,5% em 2023**. Disponível em: <https://cbic.org.br/cbic-revisa-projecao-de-crescimento-e-construcao-deve-crescer-15-em-2023/>. Acesso em: 02 dezembro de 2023.
- ETGES, B. M. B. S. 2018. Value-Adding Activities Level in Brazilian Infrastructure Construction Companies - 9 Cases Study. In: 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Chennai, India, 18-20 Jul 2018. pp 1323-1333.
- FORD, Henry. **Minha vida e minha obra**. Rio de Janeiro, Companhia Editora Nacional: 1922.
- IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- ISATTO, et al. 2000. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS.
- JOHNSTON, D. W. **Linear scheduling method for highway construction**. *Journal of the Construction Division*, v. 107, n. 2, p. 247-261, 1981.
- JUNQUEIRA, L. E. L. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0**. 2006. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção para Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report #72, 75p. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.
- KEMMER, Sergio (org.). **LEAN CONSTRUCTION: Evolução na gestão da construção civil**. Curitiba, Parana: SK Consultoria & Treinamento, 2021. E-book (29p.) color. Disponível em: <https://sergiokemmer.rds.land/ebook-sk-2022>. Acesso em: 10 de março de 2023.
- LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro, 2010. 244 p.
- MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da revolução urbana à revolução digital**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010.
- OHNO, Taiichi. **Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N.; STUART, C.; CHRISTINE, H.; ALAN, H.; ROBERT, J. **Administração da produção**. 3ª ed., São Paulo: Atlas, 2009.

SARCINELLI, Wanessa T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

WOMACK, J. P., JONES, D. T; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Trad. Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas – elimine o desperdício e crie riquezas**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ZOPPA, Alexandre. **Desmistificando a ferramenta Curva S no planejamento**. Disponível no site: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/portal-da-estrategia/artigos-gestao-estrategica/desmistificando-a-ferramenta-curva-s-no-planejamento>. Acesso em: 11 de novembro de 2023