



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DOS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO
DE UMA CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SOUSA-PB,
COM A IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA *LEAN*
***CONSTRUCTION* NO CANTEIRO DE OBRA**

GILNARA CARLA DOS SANTOS PEREIRA

POMBAL – PB

2023

GILNARA CARLA DOS SANTOS PEREIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO
DE UMA CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SOUSA-PB,
COM A IMPLEMENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS *LEAN*
CONSTRUCTION NO CANTEIRO DE OBRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia
Ambiental da Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheira Civil.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elisângela Pereira da
Silva

POMBAL – PB

2023

P436a Pereira, Gilnara Carla dos Santos.

Análise dos impactos no planejamento e orçamento de uma construção residencial na cidade de Sousa - PB, com a implementação dos princípios da *Lean Construction* no canteiro de obra / Gilnara Carla dos Santos Pereira. – Pombal, 2023.

88 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Elisângela Pereira da Silva”.

Referências.

1. Construção civil. 2. *Lean Construction*. 3. Canteiro de obra. 4.
Layout. I. Silva, Elisângela Pereira da. II. Título.

CDU 69.0 (043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

GILNARA CARLA DOS SANTOS PEREIRA

**ANÁLISE DOS IMPACTOS NO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DE UMA
CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL NA CIDADE DE SOUSA-PB, COM A IMPLEMENTAÇÃO
DOS PRINCÍPIOS *LEAN CONSTRUCTION* NO CANTEIRO DE OBRA**

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (GILNARA CARLA DOS SANTOS PEREIRA) **APROVADA** em 22 de junho de 2023, pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.



Prof^ª. Dr^ª. Elisângela Pereira da Silva
(Orientadora – UFCG – CCTA)

 Documento assinado digitalmente
EDUARDO MORAIS DE MEDEIROS
Data: 27/06/2023 08:17:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Morais de Medeiros
(Membro Interno – UFCG - CCTA)



Mayza Ornella Grangeiro Ferreira
(Membro Externo – Engenheira Civil -
IFPB)

*“Sucesso é o acúmulo de pequenos esforços repetidos
dia a dia”*

- Robert Collier

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que em todos os momentos que pensei em fraquejar e desistir, nunca me permitiu, e que guiou, iluminou e abençoou meu caminho até aqui.

Aos meus pais, Gilvani e Maria Adriana, por não medirem esforços para me trazer até aqui, na realização desse até então sonho. Obrigada por terem me educado, me ensinado, acompanhado minha trajetória e me apoiado em todos os momentos que precisei ao decorrer dessa longa jornada. Aos meus irmãos, Gilcivan e Gildevan, que me apoiaram e dividiram esse sonho comigo. Ao meu sobrinho João Guilherme, que mesmo sem saber, foi meu porto seguro e meu ponto de paz em muitos momentos de desânimo. Aos meus avós, Josefa Maria da Conceição, Eliza Maria e José Januário, que em vida deixaram todos os ensinamentos que me fizeram a pessoa que sou hoje, me viram entrar na universidade, e sei que de onde estão também me verão sair, do jeito que sempre almejaram.

Agradeço também ao meu grupo de amigos de curso CDO, que permaneceram juntos comigo, dividindo esse sonho, em todos os momentos bons e ruins, mas em especial a, Thamara, Emmily e Amanda, que por várias vezes não me deixaram desistir, e compartilharam dos meus melhores e piores momentos, e nunca me abandonaram, e que levarei para o resto da vida.

A minha orientadora, Elisângela, que aceitou esse desafio e me orientou da melhor forma possível, me norteando nos vários momentos em que me senti perdida, na realização desse trabalho. Aos meus professores, Eric, Rick, Helber e Paulo, que foram extremamente importantes ao decorrer da minha graduação.

Agradeço também a empresa Melius Engenharia que confiou no meu potencial e me ofereceu uma oportunidade desde a metade do meu curso até aqui, me proporcionando conhecimentos práticos e melhorias para a minha pessoa profissionalmente, mas em especial a engenheira que foi minha supervisora de estágio, e sempre buscou me passar todos os seus conhecimentos, e a minha amiga Laramusa, que em tantos momentos me ajudou e me incentivou.

A todos que de alguma forma permaneceram e contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O ramo da construção civil possui grande impacto na economia brasileira, mas ainda precisa melhorar quanto aos métodos construtivos, e a fatores associados a planejamentos, taxas de desperdício com materiais, improvisos, o não cumprimento de metas que geram o atraso na entrega de obra, e essa melhora pode ser alcançada através de um simples projeto de layout do canteiro de obras, que seja otimizado e organizado focando em todas as etapas presentes em uma construção de uma edificação. Portanto o trabalho tem como objetivo realizar a idealização de um canteiro utilizando da filosofia *Lean Construction* e analisar a disposição dos canteiros reais para diagnosticar os impactos causados no planejamento e no financeiro de uma edificação residencial durante duas etapas estudadas: infraestrutura e superestrutura. Essa filosofia é uma adequação do Sistema Toyota de Produção, que está ganhando mais espaço recentemente, e cada vez mais pessoas adeptas aos princípios e técnicas dessa ferramenta. Então o estudo busca contribuir com a propagação do tema, assim como levar para a construtora aspectos que possam ser utilizados nos seus planejamentos futuros, e orientações de melhoria na realização de um layout de canteiro e para a mão de obra.

Palavras-chave: Construção civil, *Lean Construction*, canteiro de obra, layout.

ABSTRACT

The civil construction industry has a significant impact on the Brazilian economy but still needs improvement in terms of construction methods and factors associated with planning, material waste rates, improvisation, and failure to meet goals resulting in project delays. This improvement can be achieved through a simple construction site layout project that is optimized and organized, focusing on all stages involved in building construction. Therefore, this work aims to conceptualize an optimized construction site using the principles of Lean Construction and analyze the layout of real construction sites to diagnose the impacts on the planning and financial aspects of a residential building during two studied phases: infrastructure and superstructure. Lean Construction is an adaptation of the Toyota Production System, which has been gaining more attention recently, with an increasing number of people embracing its principles and techniques. Thus, this study seeks to contribute to the dissemination of this topic and provide the construction company with aspects that can be applied to their future planning, as well as guidance for improving construction site layouts and workforce management.

Keywords: Civil construction, *Lean Construction*, construction site, layout.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Significado dos 5S | 22 |
| Figura 2 - Armazenamento e separação de materiais em canteiro de obras..... | 26 |
| Figura 3 - Esquema de uma superestrutura | 28 |
| Figura 4 - Etapas de um planejamento ideal | 30 |
| Figura 5 - Fluxograma de procedimentos para primeira etapa..... | 33 |
| Figura 6 - Fluxograma de procedimentos para segunda etapa | 33 |
| Figura 7 - EAP das etapas estudadas | 35 |
| Figura 8 – Exemplo de laje treliçada..... | 36 |
| Figura 9 - Planta de situação da edificação | 37 |
| Figura 10 - Instalação de padrão de entrada para ligação de energia..... | 38 |
| Figura 11 - Layout do canteiro ideal | 40 |
| Figura 12 - Planta baixa do pavimento térreo e áreas externas da edificação..... | 42 |
| Figura 13 - Situação real do terreno | 43 |
| Figura 14 - Instalação do gabarito para locação de muro..... | 44 |
| Figura 15 - Escavação de valas do muro | 44 |
| Figura 16 - Realização de fundação do muro | 45 |
| Figura 17 - Alvenaria de embasamento do muro | 45 |
| Figura 18 - Realização de vigas baldrame do muro..... | 46 |
| Figura 19 - Elevação de alvenaria de vedação, detalhe fachada lateral e concretagem de pilares | 46 |
| Figura 20 - Concretagem de vigas do muro | 47 |
| Figura 21 – Terreno regularizado com aterro..... | 48 |
| Figura 22 - EAP de planejamento do mês de abril..... | 48 |
| Figura 23 - Planejamento operacional..... | 49 |
| Figura 24 - Planejamento com gestão a vista | 50 |
| Figura 25 - Layout do canteiro real na fase de infraestrutura..... | 52 |
| Figura 26 - Solo da área ao redor após chuvas intensas | 53 |
| Figura 27 - Armazenamento de piçarra | 54 |
| Figura 28 - Cronograma de início e fim da etapa de infraestrutura..... | 54 |
| Figura 29 - EAP de planejamento do mês de março | 54 |
| Figura 30 - Armação de tocos de pilares e grelhas..... | 55 |
| Figura 31 - Escavação de valas de sapatas | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 32 - Realização de solo cimento | 56 |
| Figura 33 - Camada de concreto magro | 56 |
| Figura 34 - Fôrma de sapatas..... | 57 |
| Figura 35 - Concretagem de sapatas..... | 57 |
| Figura 36 - Reaterro de valas..... | 57 |
| Figura 37 - Alvenaria de embasamento..... | 57 |
| Figura 38 - 1ª camada de aterro..... | 57 |
| Figura 39 - Fôrma e concretagem de vigas baldrames..... | 57 |
| Figura 40 - Impermeabilização de vigas baldrames..... | 58 |
| Figura 41 - 2ª camada de aterro..... | 58 |
| Figura 42 - Rearranjo de areia grossa e blocos cerâmicos | 60 |
| Figura 43 - Fluxograma de princípios da Lean Construction observados no canteiro na fase de infraestrutura..... | 61 |
| Figura 44 - Planejamento operacional do dia 24 a 28 de abril..... | 62 |
| Figura 45 - Planejamento operacional do dia 17 a 21 de abril..... | 62 |
| Figura 46 - Valores previstos a serem gastos na etapa de infraestrutura..... | 63 |
| Figura 47 - Layout do canteiro na fase de superestrutura | 65 |
| Figura 48 - Limpeza para mudança de canteiro | 66 |
| Figura 49 - Posicionamento da betoneira na etapa de superestrutura | 67 |
| Figura 50 - Coberta para armazenamento de cimento e equipamentos pequenos..... | 67 |
| Figura 51 - Cronograma de início e fim da superestrutura do pavimento térreo | 68 |
| Figura 52 - Planejamento tático do mês de maio | 68 |
| Figura 53 - Armação de pilares | 69 |
| Figura 54 - Pilares amarrados..... | 69 |
| Figura 55 - Marcação de alvenaria | 69 |
| Figura 56 - Elevação de alvenaria de vedação | 69 |
| Figura 57 - Realização de contra vergas de esquadrias..... | 70 |
| Figura 58 - Fôrma e concretagem de pilares | 70 |
| Figura 59 - Instalação de fundos e escoramento de vigas | 70 |
| Figura 60 - Armação de vigas | 70 |
| Figura 61 - Fôrma e concretagem de vigas | 70 |
| Figura 62 - Distribuição de tijolos pela obra | 73 |
| Figura 63 - Fluxograma de princípios da Lean Construction observados no canteiro na fase de | |

| | |
|---|----|
| superestrutura..... | 73 |
| Figura 64 - Espaço da piscina utilizado para armazenamento de tubulações e conexões de esgoto..... | 75 |
| Figura 65 - Planejamento operacional do dia 01 a 05 de maio | 76 |
| Figura 66 - Valores previstos a serem gastos na etapa de superestrutura | 76 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Resumo de gastos no mês de março | 63 |
| Tabela 2 - Diferença entre valores previsto e executado no mês de março..... | 64 |
| Tabela 3 - Resumo de gastos no mês de abril..... | 64 |
| Tabela 4 - Diferença entre valores previsto e executado no mês de abril | 64 |
| Tabela 5 - Resumo de gastos no mês de maio | 77 |
| Tabela 6 - Diferença entre valores no mês de maio..... | 77 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Princípios da Lean Construction utilizados para idealização do canteiro..... | 39 |
| Quadro 2 - Descrição de itens do canteiro ideal..... | 40 |
| Quadro 3 - Volume total de aterro para uniformização de área..... | 47 |
| Quadro 4 - Princípios da Lean Construction utilizados para idealização de planejamentos... | 50 |
| Quadro 5 - Descrição dos itens do canteiro na etapa de infraestrutura..... | 51 |
| Quadro 6 - Registros Fotográficos de execução de serviços na fase de infraestrutura..... | 55 |
| Quadro 7 - Volume total de aterro utilizado na fase de infraestrutura..... | 58 |
| Quadro 8 - Resumo do período de execução de serviços na etapa de infraestrutura..... | 58 |
| Quadro 9 - Descrição de itens do canteiro na etapa de superestrutura..... | 65 |
| Quadro 10 - Registros Fotográficos de execução de serviços na fase de superestrutura..... | 68 |
| Quadro 11 - Resumo do período de execução dos serviços na etapa de superestrutura..... | 71 |

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

STP - Sistema Toyota de Produção

VSM - Value Stream Mapping (Mapeamento do Fluxo de Valor)

LPS - Last Planner System (Último Sistema Planejador)

TPM - Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

NR – Norma Regulamentadora

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

m² - Metro quadrado

m³ - Metro cúbico

EAP – Estrutura analítica de projeto

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.2. Objetivos | 18 |
| 1.2.1. Objetivo Geral..... | 18 |
| 1.2.2. Objetivos Específicos..... | 18 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 18 |
| 2.1. <i>Lean Construction</i> | 18 |
| 2.1.1. Guias da construção enxuta..... | 20 |
| 2.1.2. Metodologia dos 5S..... | 21 |
| 2.1.3. <i>Just-in-time</i> | 22 |
| 2.1.4. Kanban | 22 |
| 2.1.5. <i>Last planner system</i> | 23 |
| 2.2. Canteiro de obras..... | 23 |
| 2.2.1. Planejamento e projeto de canteiro | 24 |
| 2.2.2. Materiais..... | 25 |
| 2.2.3. Mão de obra | 26 |
| 2.3. Infraestrutura..... | 27 |
| 2.4. Superestrutura | 28 |
| 2.5. Planejamento de obra | 28 |
| 2.5.1. EAP (Estrutura Analítica de Projeto) | 31 |
| 2.6. Gestão de obra..... | 31 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 32 |
| 3.1. Técnicas e materiais de coleta dados | 33 |
| 3.2. Detalhamento das etapas a serem estudadas..... | 35 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 36 |
| 4.1. Caracterização da edificação e período de coleta de dados | 36 |
| 4.2. Observação do terreno | 36 |
| 4.3. Planta de situação do terreno..... | 37 |
| 4.4. Idealização do canteiro de obra | 38 |
| 4.5. Execução do muro..... | 42 |
| 4.6. Planejamento e gestão da obra | 48 |
| 4.7. Etapa de infraestrutura | 51 |
| 4.8. Análises de canteiro na fase de infraestrutura | 59 |
| 4.9. Impactos nos planejamentos e orçamento na etapa de infraestrutura | 61 |
| 4.10. Etapa de superestrutura | 64 |
| 4.11. Análises de canteiro na fase de superestrutura | 71 |
| 4.12. Impactos nos planejamentos e no orçamento na etapa de superestrutura | 74 |

| | |
|---|-----------|
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 78 |
| REFERÊNCIAS..... | 80 |
| ANEXOS..... | 84 |
| ANEXO A – Cronograma Físico Financeiro | 84 |
| ANEXO B – Layout do canteiro ideal | 86 |
| ANEXO C – Layout do canteiro na fase de infraestrutura..... | 87 |
| ANEXO D – Layout do canteiro na fase de superestrutura | 88 |

1. INTRODUÇÃO

A construção civil possui um grande impacto na economia do país, representando uma parcela bastante considerável no PIB (Produto interno bruto) brasileiro, com isso, ao passar dos anos, e com a crescente no setor de construção, se torna necessário uma evolução nos métodos adotados para planejamento, gestão e execução de obras. Porém, de modo geral a construção civil ainda apresenta um déficit tecnológico e organizacional que faz com que a produtividade fique limitada e dependente da experiência, habilidades e organização da mão de obra responsável pela execução do empreendimento.

Como diz Isatto (2000), “diversos diagnósticos realizados no Brasil e no exterior indicam que a maioria dos problemas que resultam em baixos patamares de eficiência e qualidade na construção civil têm origem em problemas gerenciais”

Apesar da evolução tecnológica, o setor da construção civil em sua maioria, continua desenvolvendo suas atividades no modelo mais obsoleto de produção, ou seja, sem nenhum tipo de inovação. Sabendo que este modelo, pode impactar em aspectos como produtividade e qualidade nas construções (BERNARDES,2010).

A competitividade no mercado, juntamente com a necessidade de produzir mais rapidamente, faz-se necessário a existência de uma certa adequação e melhoria no gerenciamento, planejamento, organização e padronização em um canteiro de obras, visto que, dessa forma economizará no tempo de procura por materiais e conseqüentemente aumentando a produtividade da mão de obra, a redução de custos para o cliente, assim como a qualidade dos processos executivos.

Com todas essas necessidades, Lauri Koskela, desenvolveu uma das principais filosofias “*Application of the new production philosophy in the construction*” publicado em 1992, retratando onze princípios da filosofia *Lean Construction*, que é uma ferramenta que se baseia no STP (Sistema Toyota de Produção), e que podem ser aplicáveis na indústria da construção civil (LORENZON e MARTINS, 2006). Ferramenta esta que acarreta em melhorias na eficiência dos sistemas de produção em uma obra (BERNARDES, 2010).

Essa metodologia busca maximizar a eficiência e minimizar desperdícios em projetos de construção. Isso é alcançado através da eliminação de atividades que não agregam valor, otimização de processos e colaboração entre todos os envolvidos na execução. Algumas das técnicas comuns utilizadas na análise de Lean Construction incluem:

- Value Stream Mapping (VSM): identifica e elimina atividades que não agregam

valor ao projeto.

- Last Planner System (LPS): planeja e gerencia a produção para maximizar a eficiência e minimizar os atrasos.
- 5S: organiza e limpa o ambiente de trabalho para melhorar a segurança e a eficiência.
- Kanban: controla o fluxo de materiais para minimizar o estoque e maximizar a eficiência.
- Total Productive Maintenance (TPM): maximiza a disponibilidade e a eficiência dos equipamentos através da manutenção preventiva.

Partindo dessas afirmações e da necessidade de evolução, o estudo apresentará uma análise da implantação da ferramenta *Lean Construction* no canteiro de obra, diagnosticando os impactos ocasionados no planejamento e no orçamento.

1.1. Justificativa

A indústria da construção civil é um setor crucial para o desenvolvimento econômico, social e tecnológico do país, assim como tem um impacto significativo na vida das pessoas e na forma como as cidades são construídas e moldadas. Partindo disso e do fato que o mercado imobiliário está cada vez mais competitivo, torna-se imprescindível o estudo, análise e implementação de novas ferramentas que possam ser utilizadas para a evolução dos processos construtivos, visando a redução de desperdícios, tempo e conseqüentemente a diminuição de custos.

O canteiro de obras é um elemento crítico para o sucesso de uma construção seja ela residencial, comercial, industrial, pois é a partir dele que todas as atividades são planejadas, executadas e controladas, sendo assim, buscar otimizá-lo e organizá-lo da forma mais prática e eficiente possível, pode evitar futuros imprevistos no decorrer da execução, ao mesmo tempo que aumenta o índice de produtividade da mão de obra.

A aplicação da filosofia *Lean Construction* tem sido vista como uma maneira eficaz de melhorar a eficiência, a qualidade e a rentabilidade em empresas da construção civil, devido as suas diversas vantagens, como por exemplo: a redução de desperdícios de tempo, mão de obra, materiais e recursos, ajudando a empresa a trabalhar de maneira mais eficiente.

O aumento da qualidade, busca melhorar os produtos e processos, e a confiança dos investidores, a melhoria da eficiência permitindo que a empresa identifique e solucione problemas rapidamente, melhorando a efetividade do trabalho, aumentando a produtividade,

ajudando a empresa a garantir o cumprimento do cronograma, a qualidade do produto final e o controle de custos.

A ferramenta *Lean Construction* é aplicada em um canteiro de obra para melhorar a eficiência e eficácia do processo de construção, eliminando desperdícios, melhorando a qualidade e aumentando a satisfação dos clientes. A metodologia se concentra em maximizar o valor para o cliente, promovendo a colaboração e otimizando os processos, o que pode resultar em prazos de entrega mais curtos, menor custo total e maior segurança no local de trabalho (SAURIN, 1997).

Partindo disto, a escolha desse estudo de caso se deu em decorrência da necessidade da otimização de um canteiro de obras e seu impacto nos processos construtivos, na produtividade, na redução de desperdícios de recursos, e no valor final da construção, o que se torna de grande relevância para a construtora e para o cliente, assim como contribui para a inovação e desenvolvimento do gerenciamento e planejamento de obras da construção civil no país.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os impactos da implementação da ferramenta *Lean Construction* no canteiro de uma obra residencial na cidade de Sousa – PB, focando no planejamento de médio e curto prazo, objetivando a redução de desperdícios e aumento de produtividade executiva no decorrer da construção.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Aplicar os princípios da construção enxuta no canteiro de obra para que seja ideal, e analisar os canteiros reais nas fases de infraestrutura e superestrutura;
- Analisar os arranjos dos canteiros reais, observando quais princípios da *Lean Construction* foram utilizados para melhoria e organização do canteiro;
- Analisar os impactos nos planejamentos de médio e curto prazo, e com isso as consequências no cronograma físico-financeiro da obra nas etapas em estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Lean Construction*

Trata-se de uma abordagem de gestão da construção que busca maximizar o valor

entregue ao cliente através da eliminação de desperdícios em todas as fases do processo construtivo. Essa abordagem é baseada nos princípios do *Lean Manufacturing*, do STP (Sistema Toyota de Produção), que foram adaptados para a realidade da construção civil. Porém, segundo Prasad & Vasugi (2023), se não for abordado adequadamente, a introdução da cultura enxuta em uma organização pode não só acabar como um fracasso, mas também pode prejudicar significativamente as práticas já prevalentes, assim como os processos de negócios rotineiros da organização.

A indústria da construção busca diariamente a eficiência, para isso, é preciso aperfeiçoar seus processos, realizar uma boa gestão de qualidade, reduzindo os erros e eliminando o desperdício. Para Womack & Jones (1998 *apud* Matos, 2013) apesar de todo o conhecimento e tecnologias, o que acaba movendo esse sistema é o envolvimento da equipe que, motivados e dispostos a melhorar, buscam o tempo todo a melhor forma de fazer as coisas. A equipe como um todo precisa ter o pensamento enxuto bastante claro diariamente.

Com a utilização dessa ferramenta é importante não só visar o aumento da produtividade e a redução de custos, mas também as necessidades dos clientes. Na visão de Koskela, Howell Ballard & Tommelein (2002), a produção tem três tipos de objetivo: O primeiro, com o objetivo de obter os produtos pretendidos produzidos em geral. O segundo trata de objetivos relacionados às características da própria produção, como minimização de custos e nível de utilização (objetivos internos). O terceiro é relacionado às necessidades do cliente, como qualidade, confiabilidade e flexibilidade.

Koskela (1992), define onze princípios que regem a filosofia *Lean Construction*, sendo esses:

1. Reduzir as parcelas das atividades que não agregam valor: Redução das taxas de desperdício na construção civil.
2. Melhorar o valor do produto através de considerações sistemáticas das necessidades do cliente: Fazer uma análise das exigências dos clientes, visando aumentar o valor do produto.
3. Reduzir variabilidades: Uniformização dos processos, quanto menos variabilidade, menor será a taxa de atividades que não agregam valor.
4. Reduzir o tempo de ciclo: Reduzir o tempo dos processos construtivos, com a redução de movimentações, assim como o tempo de espera, visando entregar a obra no tempo certo.
5. Simplificar através da redução do número de etapas: Reduzir o número de

processos desnecessários, afim de simplificar e ganhar tempo na execução de cada processo.

6. Melhorar a flexibilidade do produto: Padronizar os produtos e treinar os operários.
7. Melhorar a transparência do processo: Aumentar a transparência do processo, para ter um maior controle dos operários, assim como incentivá-los a cumprir as metas estabelecidas.
8. Focar no controle do processo global: Não focar apenas no objetivo de momento, mas no objetivo final, para que assim se tenha uma maior flexibilidade e controle de todos os processos, sendo possível identificar algum processo que atrase a entrega da obra, e até mesmo entregar antes do previsto.
9. Introduzir a melhoria contínua do processo: Eliminar algum problema que venha a atrapalhar a execução dos serviços, para melhorar os processos e garantir o prazo de entrega.
10. Balancear as melhorias no fluxo com as melhorias nas conversões: Utilização de ferramentas de gestão, planejamentos de curto e médio prazo para identificar oportunidades e fraquezas em concorrentes, visando melhorar o fluxo produtivo para controle dos materiais e operações afim de minimizar as perdas.
11. Benchmarking: Buscar no mercado possibilidades de melhorias através do conhecimento de técnicas utilizadas pela concorrência.

2.1.1. Guias da construção enxuta

Womack e Jones (1996, apud Machado e Heineck, 2001), realizaram a estruturação de cinco princípios, considerados necessários para orientação da configuração de um sistema de produção enxuto, sendo esses:

1. A definição detalhada do significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, em termos das especificações que este deveria ter, considerando aspectos relacionados às suas capacidades, ao seu preço e ao tempo de produção;
2. A identificação da cadeia de valor para cada produto ou família de produtos e a eliminação das perdas;
3. A geração de um fluxo de valor com base na cadeia de valor obtida;

4. A configuração do sistema produtivo de forma que o acionamento da cadeia de valor seja iniciado a partir do pedido do cliente ou; em outras palavras, a utilização de uma programação puxada;
5. A busca incessante da melhoria da cadeia de valor através de um processo contínuo de redução de perdas.

Na visão de Machado e Heineck (2001), da forma como os fundamentos da produção enxuta são colocados, configuram um novo paradigma de administração da produção, mas que precisa de ter o seu ferramental desenvolvido.

2.1.2. Metodologia dos 5S

A metodologia 5S (os cinco sentidos) é um sistema de gestão visual e de organização do local de trabalho, que se baseia em cinco princípios japoneses, cada um começando com a letra "S". Segundo Werkema (2006 *apud* Gonçalves, 2014), 5s é método que visa manter a limpeza e a organização das áreas de trabalho, tanto na parte administrativa quanto a manufatura.

O primeiro "S" refere-se ao senso de utilização, que é a prática de verificar todas as ferramentas e materiais de trabalho e manter no ambiente somente o que for utilizar, o segundo "S" trata-se do senso de organização, que é organizar e deixar por perto tudo que se for utilizar durante o período de trabalho, afim de reduzir o índice de desperdício com locomoção, o terceiro "S", aborda o senso de limpeza, ou seja, manter o ambiente de trabalho sempre o mais limpo possível, visando deixar os equipamentos essenciais para uso mais fácil de serem identificados, o quarto "S", trata-se do senso de saúde que visa a higiene física e mental, preservando o ambiente de trabalho, o quinto "S", refere-se ao senso de autodisciplina, que tem como objetivo garantir o funcionamento de todos os outros "S", assim como é possível observar na figura 1.

Figura 1 - Significado dos 5S



Fonte: Revista Ferramental (2022)

2.1.3. *Just-in-time*

Segundo Mota (2008), o conceito de *Just-in-time* está relacionado com a identificação e eliminação dos desperdícios. Considerando-se que todo tipo de estoque, mesmo que necessários, acarreta algum tipo de desperdício. Assim o *Just-in-time* em muitos casos passou a ser sinônimo de "estoque zero", mas um conceito que precisa ficar claro é que o *Just-in-time* não tem como consequência o estoque zero, e sim a eliminação dos desperdícios, que só será possível com a implantação de um ambiente de qualidade total.

“O Just-in-time é um processo de fluxo, que tem como objetivo o controle exato dos itens no processo produtivo. Os insumos atingem o processo no momento que são precisos e na quantidade necessária, tornando assim um estado ideal para que a empresa consiga a implementação do JIT (OHNO, 1997).”

2.1.4. Kanban

É um método de gerenciamento visual originado no Japão que é amplamente utilizado para otimizar o fluxo de trabalho em processos de produção, desenvolvimento de produtos e gestão de projetos. O termo "Kanban" significa "cartão" ou "sinalização visual" em japonês, e o método utiliza cartões ou sinais visuais para representar o fluxo de trabalho e controlar o ritmo de produção.

Para Ohno, (1997 *apud* Gonçalves, 2014), um Kanban (“etiqueta”) é um instrumento para o manuseio e garantia da produção *Just-in-time*, o primeiro pilar do STP. É uma forma simples e direta de comunicação localizada sempre no ponto que se faz necessária. Na maioria dos casos, um Kanban é um pequeno pedaço de papel inserido em um envelope retangular de vinil. Neste pedaço de papel está escrito quanto de cada parte tem de ser retirada ou quantas

peças têm de ser montadas. Partindo disso, a utilização dessa ferramenta serve como planejamento e gestão (a vista) do que precisa ser realizado na obra, como, materiais que necessitam ser comprados para processos próximos na execução.

2.1.5. *Last planner system*

O sistema *last planner* busca principalmente criar um ambiente de produção que seja confiável, de forma que diminua a variabilidade do fluxo de trabalho.

Para Ballard (2000, *apud*, Moura & Formoso, 2009), esse sistema foi desenvolvido com o objetivo de ser uma alternativa nova e diferente do planejamento tradicional, para trabalhar com os níveis tático e operacional da gestão de empreendimento.

Segundo Rocha et al. (2004, *apud* Nascimento & Reinaldo, 2017), no Last Planner, pode-se também realizar a identificação das causas da não realização das metas que são propostas.

2.2. Canteiro de obras

O canteiro de obras é o local onde ocorrem as atividades relacionadas à construção de uma edificação, infraestrutura ou obra de engenharia. De acordo com a ABNT NBR 12284:1991, o canteiro de obras são áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência. A NR 18, estabelece que o canteiro, deve ser organizado, limpo e contar com áreas de vivência adequadas para os trabalhadores, tais como alojamentos, refeitórios, sanitários, vestiários e áreas de descanso, assim como a necessidade de realizar inspeções periódicas no canteiro de obras, visando a identificação e correção de eventuais problemas ou situações de risco.

“O diagnóstico dos canteiros de obra existentes deve ser a primeira atividade executada em um programa de melhorias, uma vez que são gerados subsídios para a realização das etapas de padronização e planejamento.” (SAURIN, FORMOSO, 2006, p.23)

Para Souza & Franco (1997), o canteiro de obras por ser o espaço para a transformação em realidade de todo o trabalho de concepção de uma obra, acaba recebendo influências de todas as atividades que dizem respeito a um empreendimento. Logo a mesma acaba se dando por meio de um processo interativo de cada modificação relacionada à concepção da obra, o que acaba por gerar uma melhor solução para a instalação do canteiro.

Uma construção é subdividida em várias etapas ao longo de sua execução, Souza & Franco (1997) dizem que, um canteiro de obras se modifica ao decorrer da obra, divergindo

bastante quanto aos materiais, serviços, equipamentos e mão de obra que deve comportar. Sendo assim, é interessante que se observe as principais fases em que se pode subdividi-lo. Existem vários critérios para fazer a subdivisão, e esta pode ser mais ou menos detalhada em função do próprio tempo de que se dispõe para discutir o planejamento do canteiro.

2.2.1. Planejamento e projeto de canteiro

Muitas das pessoas envolvidas na obra, desde clientes a mão de obra não percebem a importância de se planejar e montar um canteiro da forma mais otimizada possível. Saurin (2006) diz que, o planejamento de canteiro é definido como a programação do layout e da logística das instalações provisórias, de movimentação e armazenamento de materiais e instalações de segurança. O planejamento da logística deve ser integrado a esquematização do layout, tratando de garantir o fornecimento de todas as condições de infraestrutura necessárias para o perfeito funcionamento dos processos relacionados às instalações de canteiro.

“Por definição layout significa ‘disposição’ ou ‘plano’, é utilizada em vários setores industriais ou de serviços e quando introduzida no ramo da construção civil, tem a finalidade de melhorar a acessibilidade (facilitação do fluxo), localização dos suprimentos e mantimento da qualidade dos processos produtivos.” (MORO, 2015, p.19).

É notável como a idealização e realização do projeto de um canteiro de obra, impacta na produtividade da mão de obra, no planejamento de curto e médio prazo, e conseqüentemente no custo de uma etapa e subetapas de uma construção.

“O planejamento do canteiro deve ser encarado como um processo gerencial como qualquer outro, incluindo etapas de coleta de dados e avaliação do planejamento.” (SAURIN, FORMOSO, 2006, p.23)

Na visão de Oliveira & Serra (2006 *apud* Moro, 2015), ao projetar o canteiro deve-se obter a melhor organização de cada elemento, levando-se em consideração os diferentes aspectos que o mesmo apresenta em função dos materiais, equipamentos, instrumentos, trabalhadores e da própria fase em que se encontra a obra no decorrer de seu desenvolvimento, resultando em aperfeiçoamento de tempo e espaço.

A organização do canteiro de obras é um fator que afeta não só o tempo de todos os processos, como a produtividade dos diversos grupos de trabalho, fatores esse que mais impactam no custo final da obra. Dessa forma, o layout do canteiro deve ser realizado e idealizado, respeitando as diretrizes regulamentadas por norma, mas de forma que a distribuição de equipamentos e materiais, trabalhem em conjunto com os projetos, ou seja, não atrapalhem na produtividade, e conseqüentemente no cronograma da construção. Com isso, Saurin (2002

apud Silva, 2009) defende que o projeto de layout do canteiro de obras tenha integração com os outros projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico) buscando a racionalidade da produção e desenvolvimento do canteiro.

2.2.2. Materiais

O arranjo de materiais em um canteiro de obras é uma etapa importante do processo de construção, pois garante a eficiência e a organização do local de trabalho. O objetivo é manter os materiais necessários para a construção de forma acessível, segura e organizada, minimizando desperdícios e atrasos na obra. De acordo com Santos (1995):

“O sistema de movimentação e armazenamento assume papel importante para a melhoria dos níveis de produtividade na construção civil na medida que a produtividade global da obra é dependente diretamente de sua eficiência e eficácia. Ele dita o funcionamento harmonioso dos diversos postos de trabalho.”

O acondicionamento de alguns materiais na construção civil envolve práticas e técnicas específicas para armazenar e proteger os materiais de intempéries, visando assim garantir sua qualidade, integridade e disponibilidade durante toda a obra.

Neto (2014) afirma que o principal fator a considerar no dimensionamento do almoxarifado para o acondicionamento de materiais é o porte da obra e o nível de estoques da mesma, o qual irá determinar o volume de materiais e equipamentos que necessitam ser estocados. Sendo assim, o tipo de material armazenado é de extrema importância, pois por exemplo, materiais como cimento e madeira, deve ser protegido em local coberto, pois não podem receber chuva. Na figura 2, é possível observar um exemplo de como seria a forma adequada de armazenamento de materiais, de maneira os mesmos devem ser separados por tipologia, funcionalidades, uso e necessidade.

Figura 2 - Armazenamento e separação de materiais em canteiro de obras



Fonte: Equipe de obra (2008)

2.2.3. Mão de obra

A mão de obra na construção civil é um elemento crítico que abrange a força de trabalho humana envolvida em todas as etapas do ciclo de vida de um projeto de construção, desde a concepção até a conclusão, de forma que é composta por diferentes tipos de profissionais, como engenheiros, arquitetos, pedreiros, carpinteiros, eletricitas, encanadores, pintores, mestre de obra, que desempenham funções específicas e essenciais na execução de uma edificação.

Para Emmitt & Gorse (2007 *apud* Arroteia *et al.*, 2014), a equipe de construção deve ser composta de uma série de indivíduos ou grupos que busquem alcançar metas individuais, e ao mesmo tempo coletivas, organizadas em uma sistemática a qual se denomina de “equipe de projeto”. Por isso, deve ser entendida como um grupo independente, composto de agentes interessados na execução de um projeto específico, de tal modo que seja formada por vários especialistas de áreas diferentes, na qual cada um contribua com seu conhecimento profissional específico, intenções e expectativas em relação aos outros membros da equipe. No setor da construção civil, o principal encarregado dentro de uma obra é o mestre de obras, pois é o responsável por distribuir as atividades para o restante da equipe, partindo do planejamento do engenheiro gestor.

Segundo Cadamuro (2012), o mestre de obras é responsável por coordenar e supervisionar o trabalho dos operários. De forma que esses profissionais, poderão executar de

maneira ordenada o que for determinado pelo responsável.

Em relação à disposição da distribuição dos centros de atividades, o mestre é capaz de opinar e debater com o engenheiro projetista do layout do canteiro, assim como com o gestor da obra, a partir do momento em que possui um conhecimento prévio do terreno, dos projetos da edificação, e também de experiências anteriores. Cadamuro (2012) diz que, por conhecer o projeto da edificação e os serviços que serão executados em cada etapa, esse profissional precisa estar atento ao processo de ordenação não só dos materiais como, dos equipamentos, ferramentas e da mão de obra, assim como também, da passagem de máquinas e caminhões.

Com os fatos expostos, nota-se a importância de se ter um mestre de obra qualificado e experiente na construção de qualquer edificação, pois a falta de mão de obra qualificada e experiente pode levar a atrasos na execução da obra e impactar negativamente a qualidade do trabalho realizado, assim como nos custos finais da edificação.

2.3. Infraestrutura

A etapa de infraestrutura é uma parte fundamental do processo de construção civil, que envolve a preparação e execução das bases que são necessárias para o desenvolvimento da edificação, sendo assim uma fase crucial, que envolve processos como, terraplenagem, fundações, sistema de drenagem, a parte da rede de esgoto e pluvial aterradas, e o piso.

A subetapa da infraestrutura que pode ser considerada mais importante é a fundação, pois é a que vai receber todos os esforços dos outros elementos estruturais, e que vai dar suporte para todo o restante da edificação. A ABNT NBR 6122:1996, diz que a fundação pode ser dividida em duas, sendo superficiais e profundas, em que a primeira, a carga é transmitida ao terreno, predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior duas vezes a menor dimensão da fundação, já a segunda transmite a carga ao terreno pela base, por sua superfície lateral ou por uma combinação das duas, e o assentamento está em profundidade superior ao dobro da sua menor dimensão em planta.

De maneira geral, Schnaid & Consoli (1999 *apud* Falcão, 2001), diz que a fundação de uma edificação se trata de um elemento de transição entre a estrutura e o solo, em que sua função é transmitir ao solo os esforços de elementos da superestrutura.

Um canteiro de obra nessa fase deve ser realizado, pensando em quesitos como organização dos materiais e equipamentos de forma que não prejudique a movimentação pelo terreno, e que não comprometa a segurança dos operários, principalmente por ser uma etapa

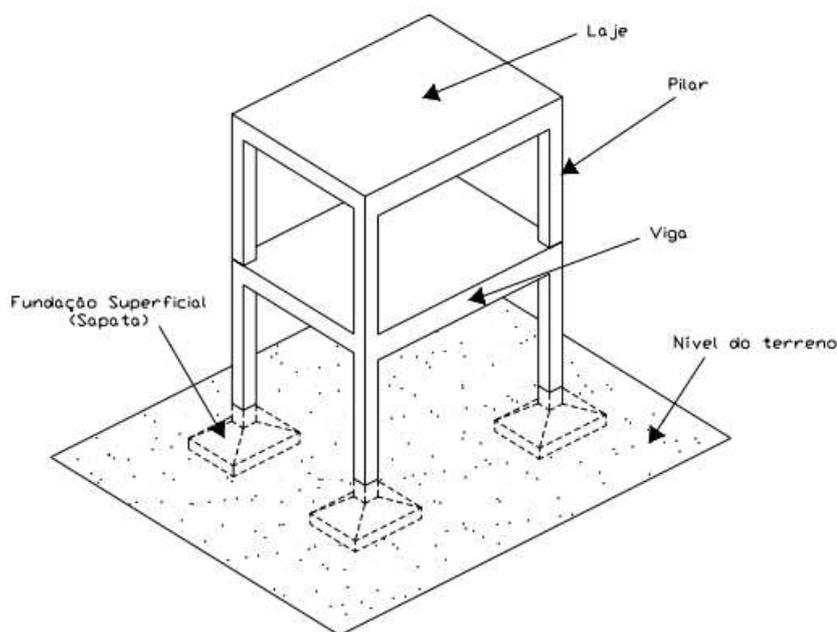
que envolve escavação e movimentação de terra.

2.4. Superestrutura

A etapa de superestrutura é uma fase importante no processo de construção civil, que envolve a criação das estruturas principais de uma edificação, como as paredes, lajes, vigas, pilares e coberturas. Essas estruturas compõem a parte visível da construção, ou seja, a estrutura que fica acima do solo e é responsável por sustentar e dar forma ao projeto arquitetônico. Sendo assim é uma das etapas mais visíveis da construção e é onde a edificação começa a ganhar forma e características específicas.

Falcão (2001) diz que, os principais elementos de uma superestrutura são os pilares, as vigas e as lajes, sendo esses elementos usados para transmitir os esforços devido às cargas atuantes para as fundações. Sendo que, as lajes transmitem os esforços para as vigas, e essas para os pilares, e esses para a fundação, que descarrega no solo. A figura 3 exibe um sistema dos elementos da etapa superestrutura.

Figura 3 - Esquema de uma superestrutura



Fonte: Falcão (2001)

2.5. Planejamento de obra

O planejamento de obras é uma atividade essencial para garantir a execução eficiente e bem-sucedida de projetos de construção, sejam eles de pequeno, médio ou grande porte. É um processo complexo que envolve a análise detalhada de todas as fases do projeto, desde a concepção até a conclusão da obra, levando em consideração fatores como prazos, recursos,

custos, qualidade, riscos e requisitos específicos.

Segundo Silva (2009), planejar no universo da construção civil, pode ser definido como o ato de preparação para qualquer tipo de empreendimento, através de roteiros e métodos determinados, tendo em vista os objetivos a serem alcançados.

Silva (2011), o planejamento cumpre um papel fundamental na gestão dos empreendimentos, podendo variar de gestão de acordo com a filosofia e necessidade de cada organização, sendo ele sempre um ingrediente essencial para a função gerencial, ou seja, é um conjunto de processos, missões, diretrizes e ações que serão elaborados, implantados, desenvolvidos, implementados e gerenciados em prol de um objetivo distinto pré-estabelecido, e que tem por finalidade antecipar as situações previsíveis; predeterminar os acontecimentos preservando as lógicas dos eventos.

“A elaboração do planejamento impõe ao profissional o estudo dos projetos, a análise do método construtivo, a identificação da produtividade consideradas no orçamento, a determinação do período trabalhável em cada frente ou tipo de serviço {área interna, externa, concreto, terraplenagem, etc.” (MATTOS, 2010, p.22).

Desse modo, pode-se dizer que o planejamento de uma obra está diretamente ligado com a gestão. Com isso o autor quer dizer que se planejar, para conseguir prever com antecedência o que será necessário comprar, organizar e estocar de material para cada etapa da obra, é imprescindível para que não ocorra atrasos por falta de insumos devido a falta de planejamento, podendo ser utilizado de planejamentos de médio e curto prazo, utilizando de novas tecnologias, como, as ferramentas da *Lean Construction*.

“Vale ressaltar que quando tratamos de obra, o planejamento tem que ser infinitamente mais preciso e rápido já que a execução da mesma deverá acontecer e um prazo mínimo. Em caso de algum descuido conclusivo, por parte do gestor, poderá ocasionar uma oneração exacerbada de custos que, automaticamente, ocasionará em um dimensionamento quantitativo errôneo dos recursos necessários para a execução da construção (BORGES, 2013, p. 6).”

De acordo com Laufer & Tucker (1987, *apud* Figueiredo, 2016), o planejamento ideal é dividido em etapas, conforme apresenta a figura 4.

Figura 4 - Etapas de um planejamento ideal



Fonte: Formoso et al. (2001)

Formoso et al. (2001 *apud* Figueiredo, 2016) afirma que um modelo de planejamento utilizado no setor de construção civil divide-se em três horizontes, sendo eles: longo, médio e curto prazo.

- *Planejamento de curto prazo*

O planejamento de curto prazo é uma abordagem tática para a gestão de projetos de construção e engenharia, com um horizonte temporal de geralmente uma semana. É uma etapa importante do processo de planejamento em obras e envolve a definição detalhada das atividades e recursos necessários para a execução do projeto em um curto período de tempo.

Formoso *et al* (2001 *apud* Figueiredo, 2016), diz que, possui um horizonte semanal e está relacionado ao detalhamento das atividades previstas através da definição dos recursos e tempo envolvido para a entrega do serviço.

- *Planejamento de médio prazo*

Trata-se de uma abordagem estratégica que tem um horizonte temporal intermediário, meses. O planejamento de médio prazo é importante para o planejamento detalhado e a gestão eficaz de projetos de construção e engenharia, garantindo que as metas e objetivos estabelecidos sejam alcançados de forma eficiente.

Segundo Figueiredo (2016), o planejamento de médio prazo apresenta um horizonte intermediário. Formoso *et al.* (2003 *apud* Figueiredo, 2016) propõe um período de 3 semanas. Logo não possui uma quantidade de semanas e meses fixados.

- *Planejamento de longo prazo*

O planejamento de longo prazo é uma abordagem pensada que envolve a definição de metas e objetivos de médio a longo prazo, geralmente para um horizonte temporal de anos. No contexto de obras, o planejamento de longo prazo é fundamental para garantir o sucesso de

projetos complexos e de longa duração, como construção de infraestruturas, desenvolvimento de empreendimentos imobiliários ou implantação de grandes projetos de engenharia.

Para Formoso et al. (2001 *apud* Figueiredo, 2016), trata-se de um planejamento estratégico mais abrangente com uma menor quantidade de detalhes. E tem como pretensão proporcionar uma visão geral do projeto, o tempo total de execução, o custo total e possíveis interferências.

2.5.1. EAP (Estrutura Analítica de Projeto)

A EAP é uma representação hierárquica e visual de todas as entregas e tarefas envolvidas em um projeto. Ela divide o projeto em componentes menores e mais gerenciáveis, chamados de pacotes de trabalho. Cada pacote de trabalho é subdividido em atividades mais específicas, formando uma estrutura em árvore que detalha todas as partes do projeto.

Xavier (2008, *apud* Barbosa & Vilela, 2021), diz que esta ferramenta é fundamental para o escopo do projeto, a decomposição das atividades bem como sua estrutura hierárquica permitem ao gestor maior controle e visualização sobre o que está sendo executado em obra.

2.6. Gestão de obra

Segundo Mattos (2010), a indústria da construção tem sido um dos ramos produtivos que mais vem sofrendo alterações substanciais nos últimos anos, pois a intensificação da competitividade, a globalização dos mercados, a demanda por bens mais modernos, a velocidade com que surgem novas tecnologias, o aumento do grau de exigência dos clientes, sejam eles os usuários finais ou não. As empresas se deram conta de que investir em gestão e controle de processos acaba se tornando inevitável, pois sem essa sistemática gerencial os empreendimentos perdem de vista seus principais indicadores: o prazo, o custo, o lucro, o retorno sobre investimento e o fluxo de caixa.

Então, a gestão de obras nada mais é, que um conjunto de práticas e processos que são utilizados para planejar, coordenar, executar e controlar todas as atividades relacionadas à construção de um empreendimento, com o objetivo de garantir que o projeto seja concluído de forma eficiente, dentro do prazo estabelecido, dentro do orçamento previsto e em conformidade com as especificações técnicas e normas aplicáveis. Sendo de extrema importância, para a entrega, com qualidade, de uma edificação, para garantir a gestão da qualidade na execução de uma obra, Gehbauer *et al.* (2002), diz que é interessante que as empresas de construção civil, como qualquer organização, utilizem as normas da família NBR ISO 9000 para apoiar a implementação e operação eficazes de seus sistemas de gestão da qualidade.

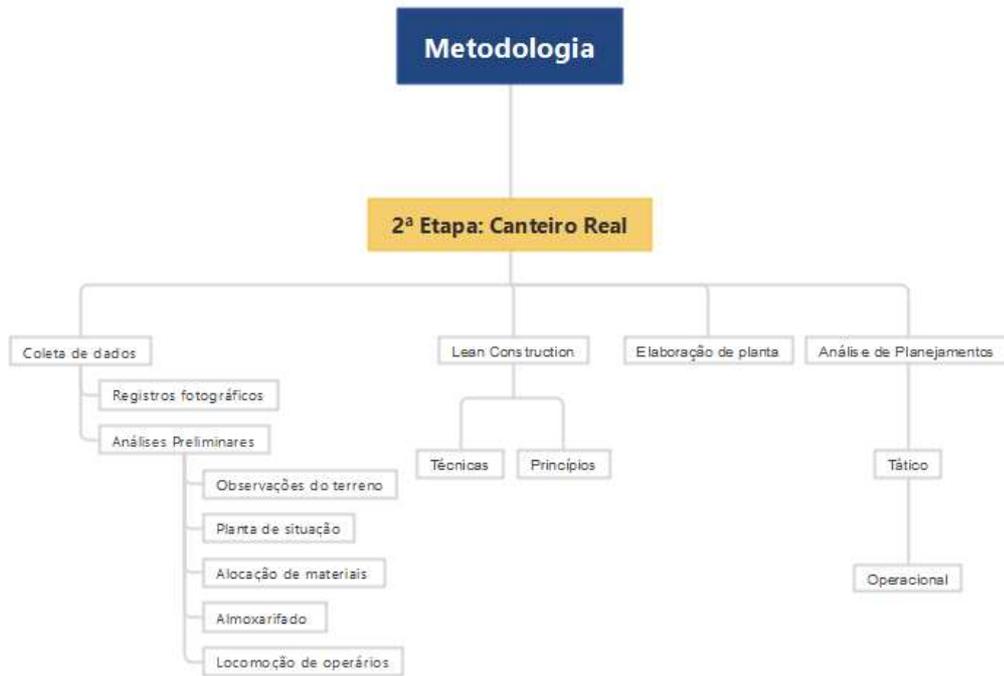
3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi caracterizada como um estudo de caso, com abordagem qualitativa, tendo em vista que foi realizada aplicação dos conceitos e pensamentos enxutos em uma edificação residencial e analisado a realidade do canteiro em duas etapas da construção. Para a elaboração dos layout's dos canteiros utilizou-se o programa Revit 2022. No auxílio da realização de tabelas e gráficos, fez-se o uso da ferramenta *Microsoft Excel*, na elaboração de fluxogramas utilizou-se do programa EdrawMind. O processo de observação para análise de resultados, começou no final do mês de janeiro de 2023, se estendendo até dia 20 de maio do mesmo ano.

O trabalho foi dividido em duas etapas, chamadas de canteiro ideal e canteiro real, que se constituíram dos mesmos processos, sendo observação do terreno existente para coleta de dados, análises preliminares e elaboração da planta do canteiro ideal, e análise do planejamento, utilizando de princípios e técnicas da *Lean Construction*, sendo esses: Redução de variabilidade, aumento de transparência no processo, redução de atividades que não agregam valor, foco no processo global e redução do tempo de ciclo.

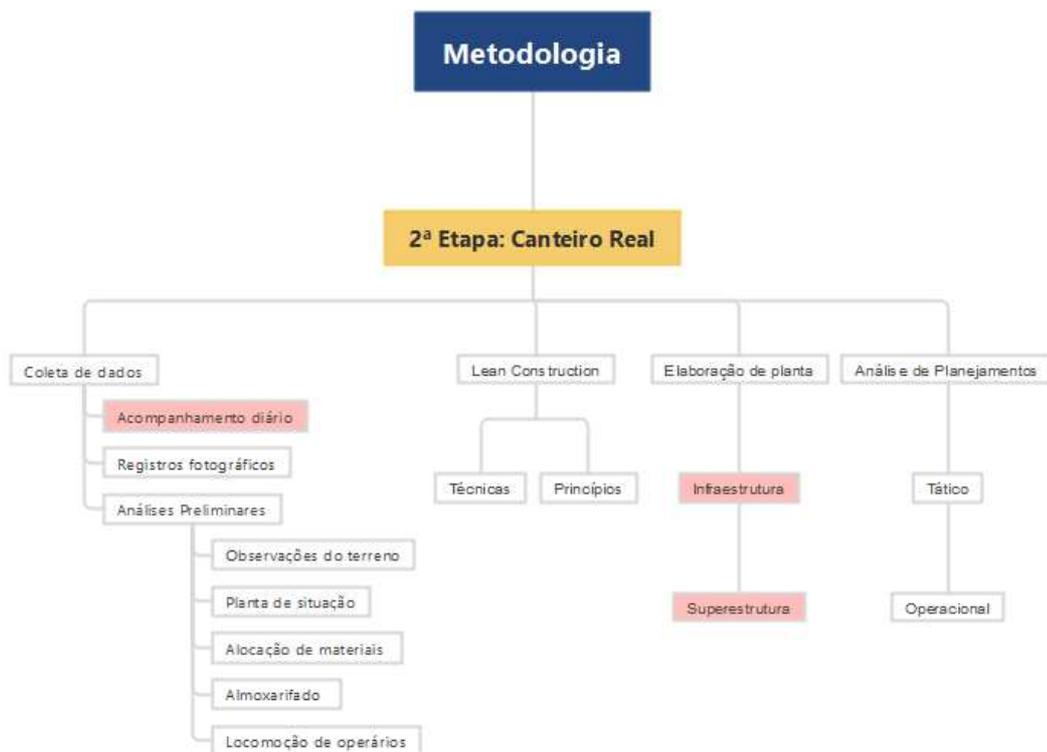
Para o real foram elaboradas duas plantas: infraestrutura e superestrutura, partindo também de todas as análises preliminarres. As figuras 5 e 6 apresenta um fluxo resumo dos procedimentos realizados para o desenvolvimento da pesquisa nas etapas de canteiro ideal e canteiro real, respectivamente.

Figura 5 - Fluxograma de procedimentos para primeira etapa



Fonte: Autora (2023)

Figura 6 - Fluxograma de procedimentos para segunda etapa



Fonte: Autora (2023)

3.1. Técnicas e materiais de coleta dados

Para o colhimento de dados, foram realizados acompanhamentos diário, com registros de dias de início e fim dos serviços, assim como foram efetuados registros fotográficos, e foram utilizados também, os planejamentos operacional e tático realizados pela engenheira gestora responsável pela obra, para a então análise do impacto no financeiro da construção durante as etapas em estudo.

No início do estudo foram feitas observações preliminares do terreno, essas realizadas pela empresa, e partindo disso foram obtidas informações consideradas necessárias e importantes para o desenvolvimento inicial do layout ideal do canteiro de obra, como o comprimento de frente e fundo, tipo do terreno (topografia), e área ao redor da edificação.

Em conjunto com essas observações do terreno, foi realizada a análise da planta de situação da edificação, ilustrada na figura 8, para a verificação da disposição do terreno e identificação de possíveis limitações de área.

Em posse de todas as informações preliminares, foi feito o pedido dos materiais necessários para a construção do muro, e conforme ordem de chegada dos mesmos, foi realizada a distribuição desses materiais.

Ao fim da execução do muro, foi feita a análise do cronograma físico financeiro, presente no anexo A, para a obtenção de informações dos serviços que seriam executados em sequência, juntamente com o que restou de material da construção do muro, para em seguida realizar novas compras dos materiais básicos para a realização dos serviços preliminares e da primeira fase, a etapa de infraestrutura.

Foi realizada uma reunião com o empreiteiro, o mestre da obra e a engenheira gestora da obra, in loco, para assim averiguar a necessidade da instalação de um depósito para que a mão de obra pudesse guardar seus equipamentos de proteção individual, fardamentos e, ferramentas consideradas de pequeno porte, assim como materiais que não podiam estarem sujeitos a intempéries.

Foi realizada uma análise com informações obtidas da reunião, com o empreiteiro contratado, para assim obter a informação de quantos operários iniciariam na construção.

As plantas de canteiro foram elaboradas utilizando o programa *Revit 2022*, partindo de todas as observações realizadas e conseqüentemente das informações obtidas.

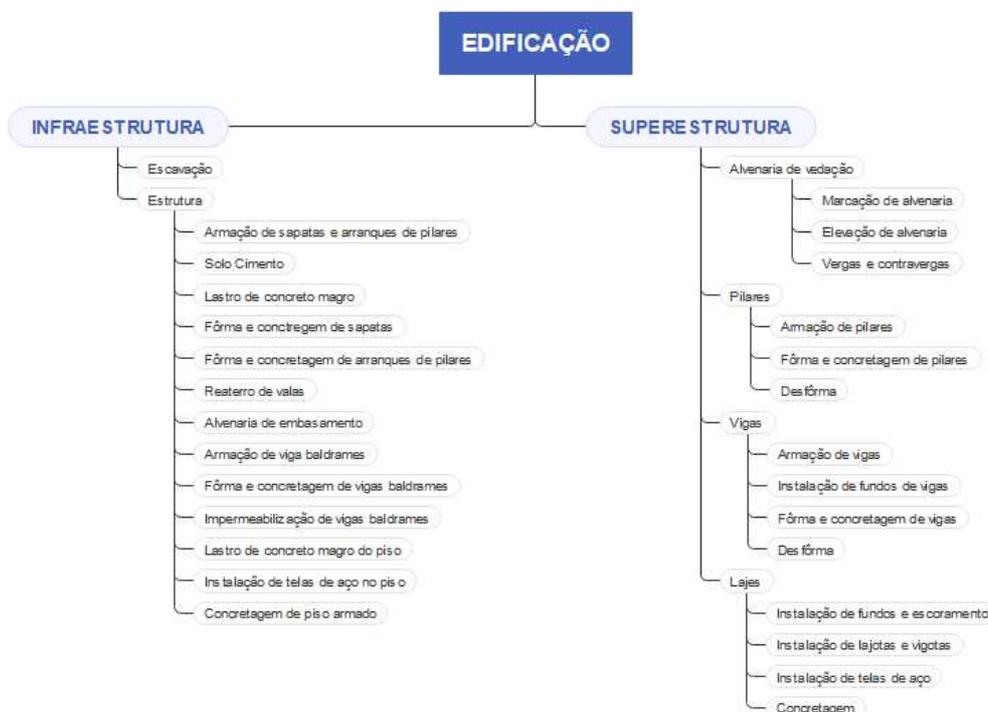
Por fim, foi feita uma análise das implicações nos planejamentos tático e operacional, disponibilizados pela gestão responsável pela construção, para a então análise dos impactos no financeiro da obra.

3.2. Detalhamento das etapas a serem estudadas

Conforme ilustra a figura 7, a etapa de infraestrutura, envolve a subetapa de escavação de valas, e estrutura que divide-se em armação de sapatas e arranques de pilares, solo cimento¹, lastro de concreto magro, fôrma de sapatas, implantação de grelhas e arranque de pilares, fôrmas e concretagem de sapatas e arranques, reaterro de valas, alvenaria de embasamento, armação de vigas baldrames, fôrma e concretagem de vigas baldrames, aterro e compactação, lastro de concreto magro do piso, instalação de telas de aço e concretagem de piso armado.

A etapa de superestrutura abrange as etapas de alvenaria de vedação, pilares, vigas e laje, sendo essas subetapas divididas em ordem: alvenaria de marcação, elevação de alvenaria, realização de vergas e contravergas, armação, fôrma e concretagem de pilares, desfôrma de pilares, armação de vigas, instalação de fundos de vigas, fôrma e concretagem de vigas, desfôrma, e por última montagem da laje, nesse caso, treliçada, sendo realizado o escoramento da laje treliçada, a instalação de vigotas na direção do menor vão e lajotas como material de enchimento, como é possível observar na figura 8, telas de aço, e concretagem da laje.

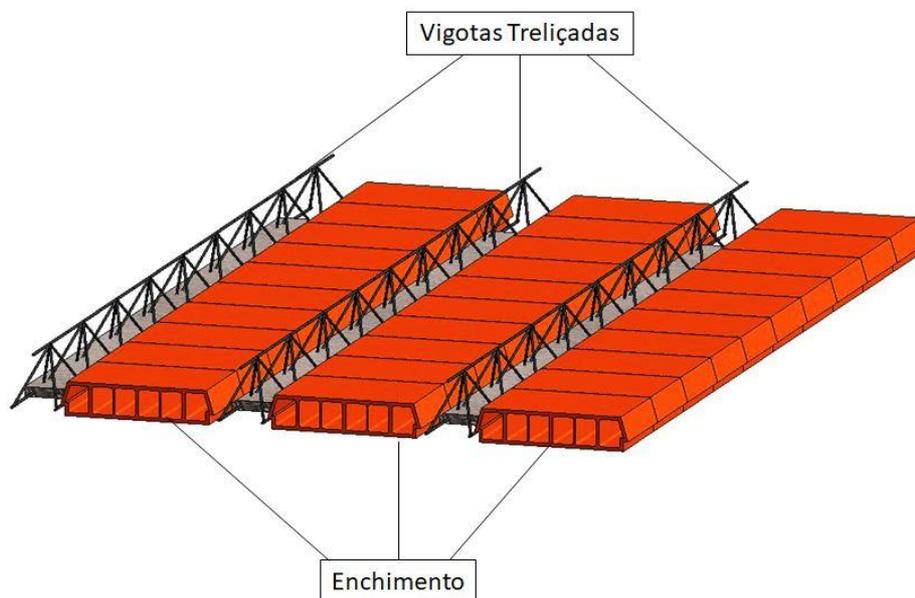
Figura 7 - EAP das etapas estudadas



Fonte: Autora (2023)

¹ Solo Cimento: Técnica específica utilizada pela construtora, como forma de deixar a fundação mais resistente, devido ao solo da cidade ser bastante inconsistente e com características pouco estudadas. O traço dessa técnica, é 1/2 saco de cimento para 12 latas de areia e até 1 lata de água.

Figura 8 – Exemplo de laje treliçada



Fonte: Google Imagens

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização da edificação e período de coleta de dados

Trata-se de uma obra residencial, localizada no bairro Jardins, loteamento André Gadelha, na cidade Sousa-PB, com área de terreno de 420m², sendo 14 metros de frente e 30 metros de fundo, contando com uma área total construída de 399,34m², sendo desses, 212,16m² no pavimento térreo, e 187,18m² primeiro pavimento.

Através das análises foi possível realizar um comparativo entre a realização de um canteiro que seria ideal seguindo os conceitos da filosofia *Lean Construction*, e o que de fato aconteceu durante o período de estudo, assim como a realização dos planejamentos.

4.2. Observação do terreno

Para a elaboração de um layout do canteiro ideal foi necessário fazer algumas observações preliminares, começando pelo terreno no qual seria realizada a construção da edificação, essa foi realizada visando o estudo da topografia, para uma eventual necessidade de

corte ou aterro de acordo com a inclinação.

No canteiro real houve a observação do terreno, porém não houve o estudo topográfico, foi realizada uma análise visual, e com isso constatado que o terreno possuía um declive considerável do fundo para frente, que o solo era um pouco argiloso, sendo assim foi necessário de um volume de aterro considerável, totalizando 300m³.

4.3. Planta de situação do terreno

A análise da planta de situação e conseqüentemente da área ao redor do terreno ocorreu de forma igual tanto para o canteiro ideal como para o canteiro real. Após o estudo dessa planta, ilustrada na figura 9, em que nota-se que o terreno é de esquina, e próximo ao hospital regional da cidade, foi concluído que o primeiro passo a ser feito seria iniciar a construção pelo muro. Com isso o canteiro teve que ser montado alguns dias antes, no terreno de lote vizinho, para a alocação dos materiais que seriam necessários, tanto para a execução do muro, como para os serviços preliminares. Foi feita a instalação elétrica provisória, para assim ser solicitado a empresa provedora de energia da região, a ENERGISA, fazer a ligação da energia da rua para o padrão de entrada da edificação, assim como ilustra a figura 10.

Figura 9 - Planta de situação da edificação



Fonte: Projeto Arquitetônico (2023)

Figura 10 - Instalação de padrão de entrada para ligação de energia



Fonte: Acervo Pessoal

4.4. Idealização do canteiro de obra

Para a realização da idealização do layout do canteiro de obra ideal, foram feitas observações preliminares do terreno da edificação, e da área ao redor, e realizado o planejamento estratégico no mês de janeiro, para que fosse montado de uma forma que detivesse o menor desperdício possível em questão de locomoção dos operários com materiais, utilizando-se de alguns dos 11 princípios que regem a *Lean Construction*, sendo eles, o primeiro, quarto, quinto e oitavo, assim como descreve o quadro 1.

O primeiro diz respeito a redução das parcelas das atividades que não agregam valor, para assim verificar o layout, ou seja, o arranjo do canteiro, a localização dos equipamentos, e como seriam realizados a locomoção dos operários, de forma a minimizar qualquer tipo de movimentação inadequada, e consequentemente reduzir as atividades que não agregam valor a construção.

O quarto princípio que é a redução do tempo de ciclo, feita diariamente por equipes destinadas a separar e organizar os materiais que seriam utilizados nos serviços previstos para o dia. O quinto que é organizar o canteiro de forma a reduzir o tempo de movimentação com materiais.

O oitavo princípio que é o foco no controle do processo global, ou seja, o canteiro ser

instalado de forma que não atendesse apenas as atividades programadas para o dia, mas sim focando nas atividades que viriam a seguir, no objetivo final.

Quadro 1- Princípios da Lean Construction utilizados para idealização do canteiro

| PRINCÍPIO | APLICAÇÃO | OBJETIVOS |
|--|--|--|
| Redução de atividades que não agregam valor | <ul style="list-style-type: none"> - Verificação de arranjo do canteiro; - Localização dos equipamentos; - Locomoção dos operários. | - Distribuir os materiais e equipamentos de forma a minimizar movimentações inadequadas e perigosas, reduzindo as atividades que não agregam valor a construção. |
| Redução do tempo de ciclo | <ul style="list-style-type: none"> - Dividir atividades por equipes; - Separar e organizar os materiais a serem utilizados no dia. | - Reduzir o tempo de ciclo de serviços programados para o dia com a facilitação de ter os equipamentos e materiais separados e organizados. |
| Simplificar através da redução do número de etapas | <ul style="list-style-type: none"> - Organização de equipamentos e insumos. | - Reduzir o tempo de procura e locomoção com materiais e equipamentos. |
| Foco no controle do processo global | <ul style="list-style-type: none"> - Distribuição de equipamentos e materiais no canteiro de forma estratégica; - Flexibilidade do canteiro. | - Instalar o canteiro de forma que não atenda somente a uma atividade, mas sim a todas que virão na sequência, focando no objetivo final. |

Fonte: Autora (2023)

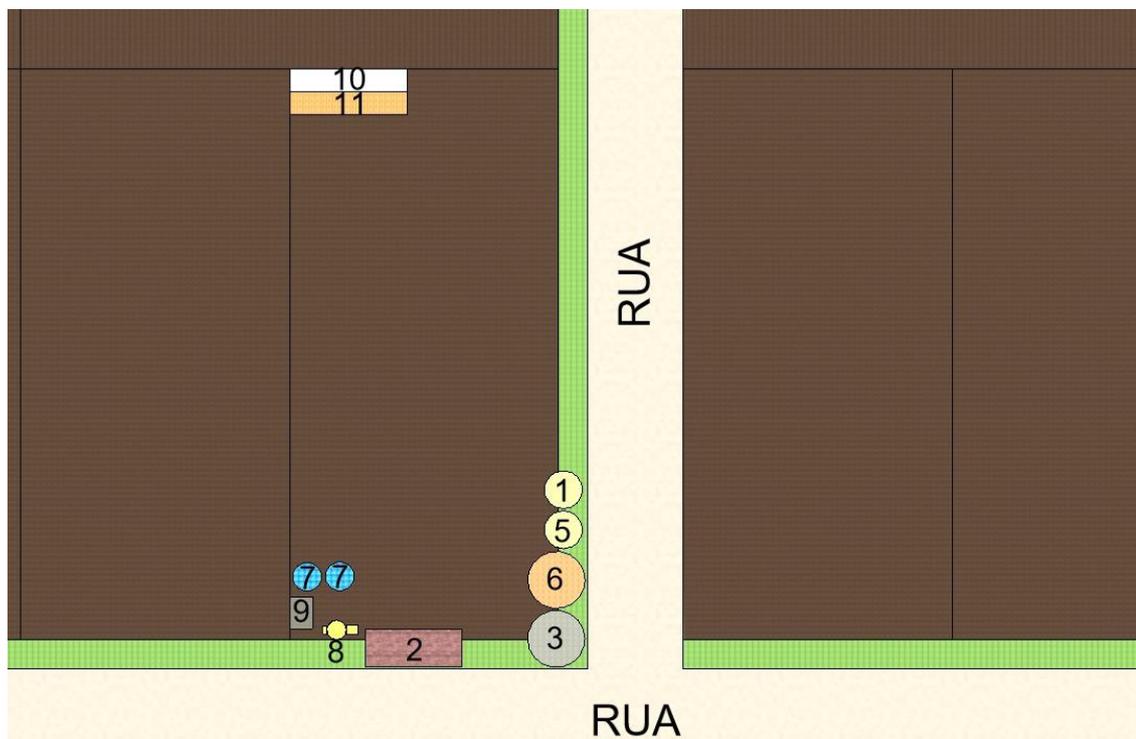
A figura 11, apresenta o layout do canteiro ideal, em que se utilizou dos princípios citados no item 3.1. Foram sugeridas duas entradas para descarga de materiais, uma pela lateral, para descarregar madeira e tubulações na região da piscina, que não seria executada no início da obra, e outra na frente para a descarga de cimento, tijolos, areias, britas, e para alocação da betoneira. De forma que ficasse tudo dentro do terreno e não invadissem as ruas. No projeto arquitetônico, figura 12, é possível verificar a disposição da área construída e as áreas possíveis para armazenar materiais. Sendo assim foi feito o arranjo dos materiais e equipamentos. O quadro 2, faz uma descrição dos itens desse canteiro.

Quadro 2 - Descrição de itens do canteiro ideal

| ITEM | MATERIAL/ EQUIPAMENTO |
|------|-----------------------------|
| 1 | Areia Grossa |
| 2 | Blocos Cerâmicos |
| 3 | Brita |
| 5 | Areia Fina |
| 6 | Piçarra |
| 7 | Caixa D'água |
| 8 | Betoneira |
| 9 | Cimento |
| 10 | Tubulações Hidrossanitárias |
| 11 | Madeiras |

Fonte: Autora (2023)

Figura 11 - Layout do canteiro ideal



Fonte: Autora (2023)

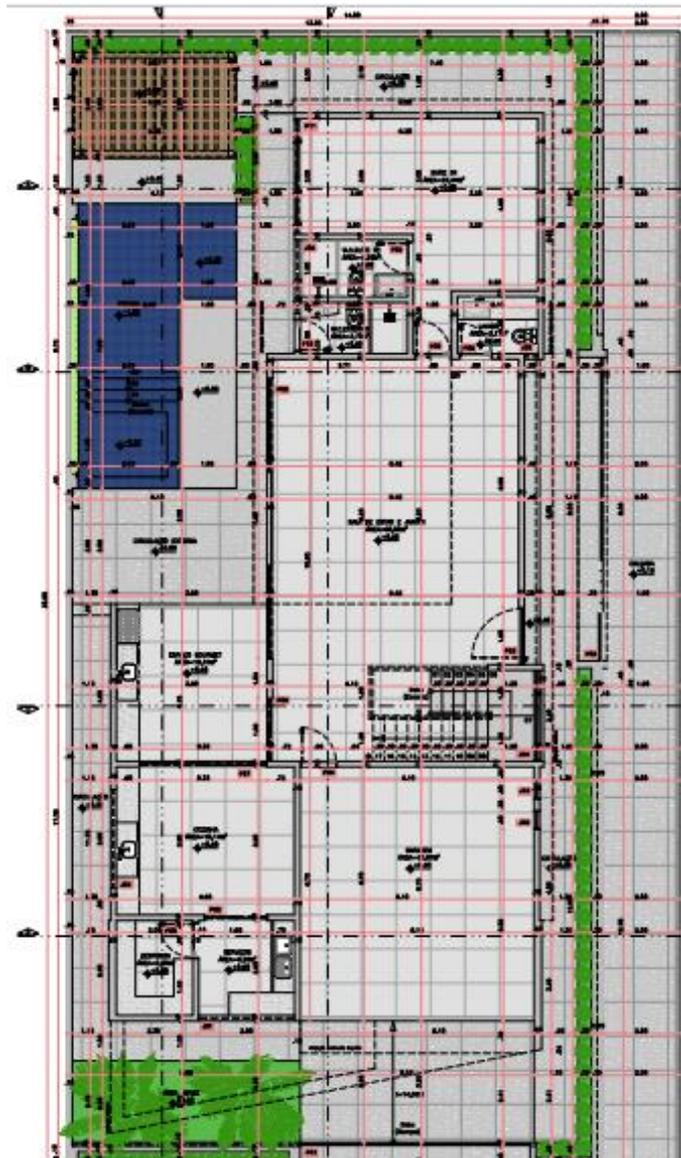
Os itens 1, 3, 5 e 6 foram arranjados lateralmente dentro do terreno, para facilitar a descarga dos mesmos, assim como para não atrapalhar a execução da edificação, e de forma que a movimentação dos operários com o material se desse em segurança, e mais rápida sem a presença de obstáculos.

O item 2, foi arranjado pensando no processo global, ou seja, no objetivo final, como seria um material utilizado durante vários meses de execução, mas que teria intervalos de uso, foi instalado de forma estratégica, de forma não atrapalhasse as movimentações pela obra, e que tivesse acesso fácil para o caminhão descarregar.

Os itens 7, 8 e 9, foram arranjados pensando na logística de frequência de uso, e de forma que ficassem próximos, pois são utilizados em conjunto, sendo assim, visando a redução do número de etapas, e de atividades que não agregam valor, entrando também o segundo S da metodologia dos 5S, que diz respeito a organização, nesse caso para reduzir o índice de desperdícios de tempo com locomoção de materiais.

Os itens 10 e 11 foram arranjados pensando no tipo de material e em suas utilizações, as tubulações de PVC, instaladas acima das madeiras, como uma espécie de prateleira, de forma que as madeiras ficassem protegidas de intempéries e as tubulações não fossem danificadas. E também como os tubos e conexões são utilizados em processos específicos com intervalos de tempos, foram instaladas em um local que fosse de fácil acesso para descarrego, e para não ser um material acumulado se tornando obstáculo na execução da edificação.

Figura 12- Planta baixa do pavimento térreo e áreas externas da edificação



Fonte: Projeto Arquitetônico (2023)

4.5. Execução do muro

De acordo com o cronograma físico-financeiro, anexo A, o muro estava previsto para iniciar em fevereiro de 2023, e está com 80% concluído em março, e terminar em janeiro de 2024, pois inicialmente seria executado até um ponto em que desse para complementar o fechamento com tapume, e os outros 20% ficaria para a parte de revestimento argamassado, pintura e textura, que são serviços mais delicados e que não seriam necessários à serem executados para o fechamento da obra.

Devido ser uma área pouco habitada, e conforme apresenta a figura 13, foi optado por alugar um container, para servir como almoxarifado e guardar os equipamentos pequenos,

assim como os materiais que não podiam estarem sujeitos a intempéries.

Figura 13 - Situação real do terreno



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

A execução do muro teve início no dia 06 de fevereiro de 2023, com a instalação do gabarito para locação, escavação de valas, realização de fundação do tipo sapata isolada, reaterro, alvenaria de embasamento, elevação de alvenaria, realização de marquise para detalhe da fachada, concretagem de pilares e vigas, nessa ordem, assim como apresenta as figuras 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20.

Figura 14 - Instalação do gabarito para locação de muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 15 - Escavação de valas do muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 16 - Realização de fundação do muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 17 - Alvenaria de embasamento do muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 18 - Realização de vigas baldrame do muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 19 - Elevação de alvenaria de vedação, detalhe fachada lateral e concretagem de pilares



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 20 - Concretagem de vigas do muro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Após a execução do muro, antes de iniciar a fase de infraestrutura, devido ao período chuvoso ao solo ser um pouco argiloso, ao material que ainda ficou dentro do terreno, a escavação de valas para fundação do muro, foi realizado um aterro com piçarra no terreno, espalhando a mesma de forma uniforme, conforme é possível observar na figura 21, para que assim fosse possível trabalhar sem dificuldades no local. Foram necessárias 4 caçambas de 12m³ para a completa uniformização da área, assim como apresenta o quadro 3.

Quadro 3 - Volume total de aterro para uniformização de área

| | |
|--------------------|------------------|
| Caçambas | 4 |
| Volume por caçamba | 12m ³ |
| Volume Total | 48m ³ |

Fonte: Autora (2023)

Figura 21 – Terreno regularizado com aterro



Fonte: Acervo Pessoal

4.6. Planejamento e gestão da obra

Para a análise dos impactos nos planejamentos e no financeiro da obra, foi necessário fazer a verificação do cronograma físico financeiro, conforme anexo A, dos planejamentos tático e operacional, e do controle financeiro, durante as fases estudadas, infraestrutura e superestrutura, planejamentos esses que ocorreram igualmente na idealização e na realidade, utilizando de alguns dos 11 princípios da filosofia *Lean Construction*, sendo: o terceiro, o sétimo e o oitavo, onde respectivamente se tratam da redução da variabilidade; aumento da transparência do processo e focar no controle do processo global.

Redução da variabilidade, através da flexibilização dos planejamentos e cronograma, visando o prazo final de entrega da obra, e padronização dos planejamentos, objetivando cumprir o prazo ou até mesmo antecipar a entrega, para isso foram feitos alguns processos. Ao início cada mês foi realizado uma EAP como forma de planejamento tático, de todos os serviços a serem executados no período de um mês, com base no cronograma físico financeiro, e a partir dessa EAP, no início de toda semana, foi efetuado o planejamento operacional, como é possível observar nas figuras 22 e 23, os exemplos de como foram feitos todos os planejamentos de médio e curto prazo da edificação em estudo.

Figura 22 - EAP de planejamento do mês de abril

Cronograma de Serviços – abril 2023 – Residência R&R

1. Alvenaria de embasamento
2. Armação, fôrma e concretagem de vigas baldrame
3. Impermeabilização de vigas baldrame
4. Aterro compactado
5. Instalação das tubulações enterradas de esgoto e pluvial
6. Lastro de concreto magro para posicionamento de telas
7. Amarração de telas para piso
8. Concretagem de piso armado
9. Amarração dos pilares junto com o piso armado
10. Início de alvenaria de vedação

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Figura 23 - Planejamento operacional

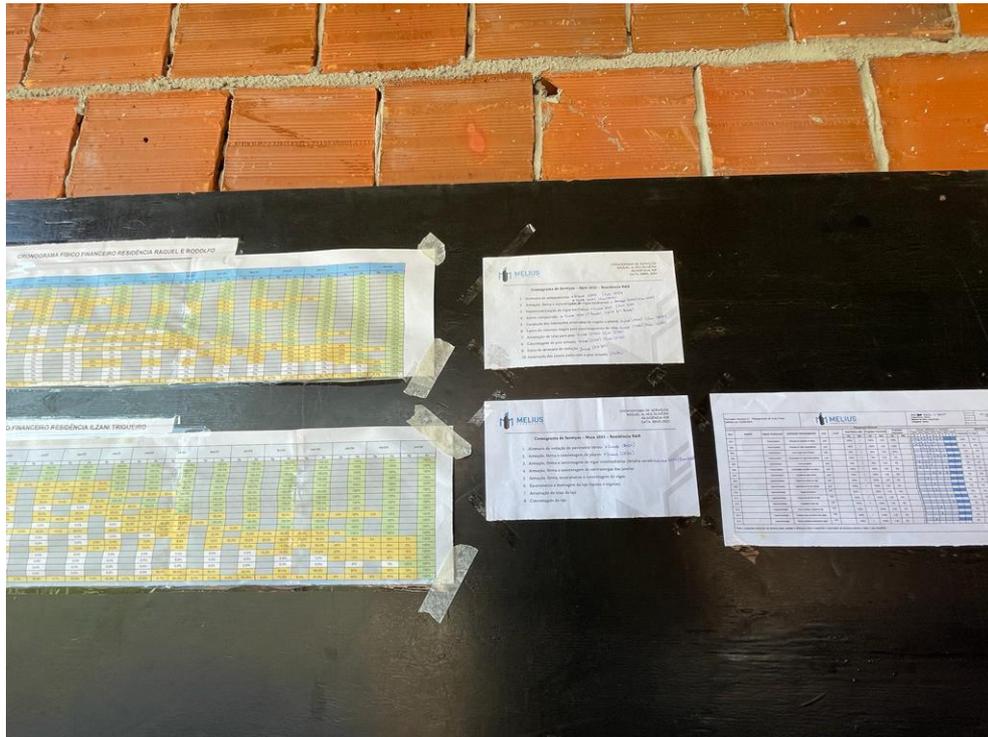
| Planejamento Semanal | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----------------------|-------------------------------------|-----|----------|----------------------------------|------|------|------|------|------|----------|-----------|---------|----------|
| Item | EQUIPE | Classif. Profissional | SERVIÇOS PROGRAMADOS | Und | Local | Período: 10/04/2023 a 14/04/2023 | | | | | | SERVIÇOS | | | |
| | | | | | | 10/4 | 11/4 | 12/4 | 13/4 | 14/4 | 15/4 | 16/4 | % Semanal | % Total | Problema |
| | | | | | | S | T | Q | Q | S | S | D | | | |
| S01 | | Pedreiro/Ajudante | Fôrma e Concretagem | und | Sapatas | X | | | | | | | 0% | 0% | |
| S02 | | Pedreiro/Ajudante | Alvenaria de embasamento | und | Infra | X | X | X | | | | | 0% | 0% | |
| S03 | | Pedreiro/Pedreiro | Armação vigas | und | Baldrame | X | X | X | | | | | 0% | 0% | |
| S04 | | Pedreiro/Ajudante | Aterro com picarra | und | Baldrame | X | X | X | | | | | 0% | 0% | |
| S05 | | Pedreiro/Ajudante | Fôrma e Concretagem vigas | und | Baldrame | | | | X | X | | | 0% | 0% | |
| S06 | | Pedreiro/Pedreiro | Organização do canteiro | und | Barracão | X | X | X | X | X | | | 0% | 0% | |
| S07 | | Engenheira/Estágia | Compra aditivos e impermeabilizante | und | Barracão | | X | | | | | | 0% | 0% | |
| S08 | | Engenheira/Estágia | Compra de tubulação e conexões | und | Aterro | X | | | | | | | 0% | 0% | |
| S09 | | Engenheira/Estágia | Pedido brita | und | Infra | | | | X | | | | 0% | 0% | |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

O planejamento observado na figura 23, e todos os outros das suas respectivas semanas, iam sendo preenchidos ao final de toda semana com base no diário de obra e conversas com os mestres, sendo assim possível avaliar as percentagens executadas em cada serviço, e consequentemente se o planejamento foi cumprido, e caso não tenha sido, era notificado qual o problema que levou o serviço a não ser concluído, partindo de todas essas informações e da EAP programada para o mês, no início de toda semana foram feitos os novos planejamentos.

Aumento da transparência do processo, através da exposição, com a gestão a vista desses planejamentos em quadro na obra, objetivando os operários a cumprirem os prazos ou antecipar serviços, conforme é possível observar na figura 24.

Figura 24 - Planejamento com gestão a vista



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Focar no controle do processo global, através da comunicação constante entre o mestre de obra e a responsável pela gestão para informe do que está acontecendo na obra e, retirada de dúvidas, e também da realização dos planejamentos tático e operacional, visando a melhoria contínua do processo e, a obtenção de resultados positivos com mais rapidez e eficiência. No quadro 4, é possível observar de forma resumida os princípios citados, suas aplicações e seus objetivos.

Quadro 4 - Princípios da Lean Construction utilizados para idealização de planejamentos

| PRINCÍPIO | APLICAÇÃO | OBJETIVOS |
|-----------------------------|--|--|
| Redução da Variabilidade | <ul style="list-style-type: none"> - Flexibilização de planejamento e cronograma visando o prazo final de entrega da obra. - Padronização do planejamento. | <ul style="list-style-type: none"> - Entregar a obra sem atrasos ou antecipadamente, com base em cronograma inicial; - Diminuir o custo da obra. |
| Aumentar a transparência do | - Exposição de cronogramas | - Incentivar a mão de obra a |

| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| processo | e metas a serem cumpridas (gestão a vista); - Transparência de comunicação; | cumprir os serviços dentro do prazo ou até mesmo antecipadamente. |
| Focar no controle do processo global | - Exposição de cronogramas e metas a serem cumpridas (gestão a vista); - Planejamento de médio e curto prazo visando o de longo prazo. | - Melhoria contínua do processo; - Resultados com mais rapidez e eficiência. |

Fonte: Autora (2023)

4.7. Etapa de infraestrutura

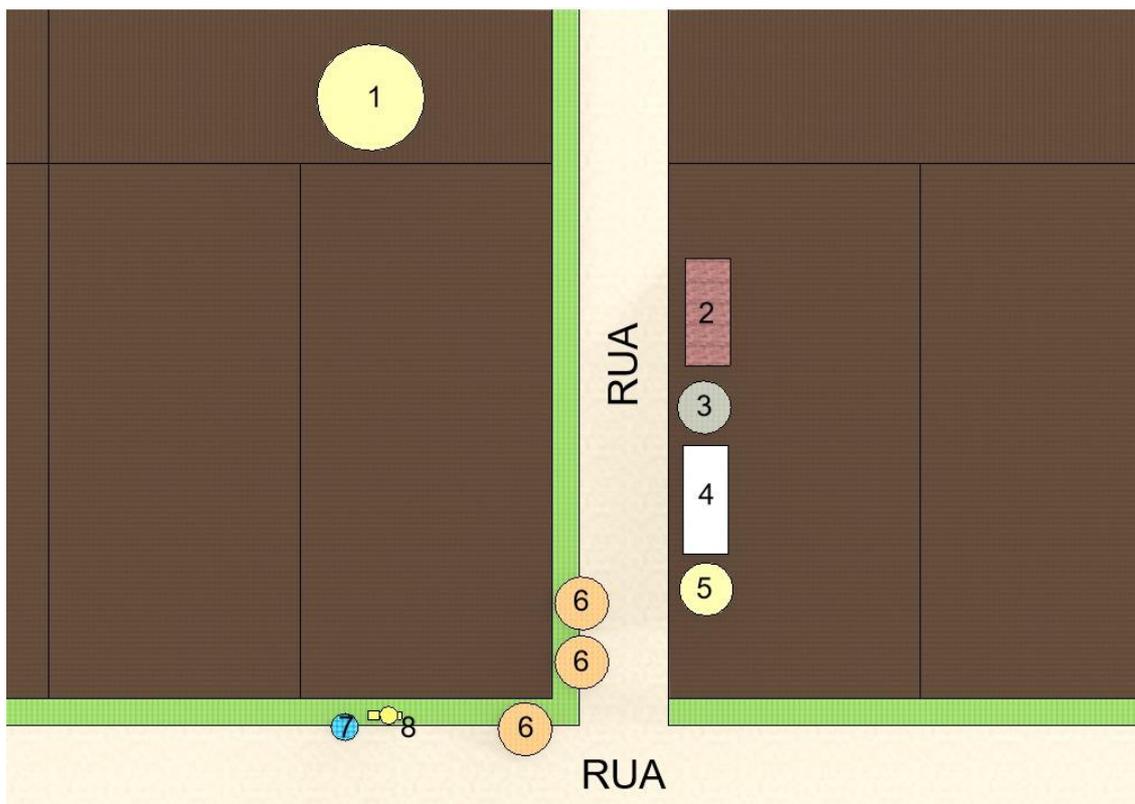
A figura 25 ilustra o layout de como foi arranjado o canteiro real na fase de infraestrutura. O quadro 5, apresenta a descrição dos itens da planta.

Quadro 5 - Descrição dos itens do canteiro na etapa de infraestrutura

| ITEM | MATERIAL/ EQUIPAMENTO |
|------|-----------------------|
| 1 | Areia Grossa |
| 2 | Blocos Cerâmicos |
| 3 | Brita |
| 4 | Container |
| 5 | Areia Fina |
| 6 | Piçarra |
| 7 | Caixa D'água |
| 8 | Betoneira |
| 9 | Cimento |

Fonte: Autora (2023)

Figura 25 - Layout do canteiro real na fase de infraestrutura



Fonte: Autora (2023)

Devido a alguns fatores, como a opção pela construção do muro inicialmente, e o período chuvoso na região, e devido ao solo da área ser argiloso, dificultando assim a entrada de caminhões pesados, foi decidido pela gestão da obra, a estocagem inicial de materiais, para que assim não atrapalhasse o andamento da obra por falta de materiais. Devido a pouca área livre restante dentro do terreno, os lotes vizinhos foram utilizados para esse armazenamento de materiais, certificando-se que não estavam tendo movimentações nos mesmos. Na figura 26, é possível observar o solo ao redor devido a chuvas intensas.

Figura 26 - Solo da área ao redor após chuvas intensas



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

O item 1, foi estocado na parte posterior do terreno, antes do início do muro, visando que seria deixada uma abertura no muro para facilitar a locomoção com o material, intencionando a diminuição da taxa de desperdício com movimentação.

Os itens 2, 3 e 5 foram estocados assim como o item 1, para a execução do muro, e permaneceu arranjado dessa forma até o fim da execução dos processos construtivos da etapa de infraestrutura, pois foi estocado pensando na execução dessa etapa e do muro.

Como mencionado no item 4.6 foi optado pelo aluguel de um container, item 4, para armazenamento de ferramentas e equipamentos de pequeno porte, cimento e tubulações hidrossanitárias, onde permaneceu durante toda a fase de construção do muro e execução da infraestrutura.

O item 6, foi arranjado na frente e na lateral do terreno, para facilitar o transporte para dentro da edificação, na fase de aterro e compactação, assim como apresenta a figura 27.

Os itens 7 e 8 foram instalados em conjunto na frente da edificação, próximos a entrada, para simplificação do número de etapas. O item 8 de acordo com o serviço que estava sendo executado era reposicionado de formas estratégicas, mas permaneceu em grande parte no local indicado.

Figura 27 - Armazenamento de piçarra



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

A fase de infraestrutura que é a primeira em estudo, estava prevista para iniciar em março de 2023 e finalizar em abril do mesmo ano, conforme figura 28. Na EAP de planejamento, figuras 22 e 29, é possível observar os serviços programados para os respectivos meses.

Figura 28 - Cronograma de início e fim da etapa de infraestrutura

| Serviço | TEMPO DE OBRA (MESES): | | fev/23 | | mar/23 | | abr/23 | |
|-----------------------|------------------------|-------|--------|-----|--------|------|--------|------|
| | R\$ | % | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac |
| DOCUMENTAÇÃO | R\$ 7.749,11 | 0,75% | 0% | 0% | 100% | 100% | | 100% |
| SERVIÇOS PRELIMINARES | R\$ 11.958,55 | 1,16% | 80% | 80% | 20% | 100% | | 100% |
| INFRA-ESTRUTURA | R\$ 36.754,87 | 3,57% | | 0% | 40% | 40% | 60% | 100% |
| SUPERESTRUTURA | R\$ 53.411,89 | 5,19% | | 0% | | 0% | 15% | 15% |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Figura 29 - EAP de planejamento do mês de março

Cronograma de Serviços – março 2023 – Residência R&R

1. Elevação de alvenaria de vedação do muro
2. Fôrma e concretagem de pilares do muro
3. Armação de vigas do muro
4. Fôrma e concretagem de vigas do muro
5. Locação da casa
6. Escavação de valas
7. Realização de solo cimento
8. Camada de concreto magro
9. Armação de sapatas e tocos
10. Fôrma de sapatas e tocos
11. Concretagem de sapatas e tocos
12. Reaterro de sapatas



Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Os serviços programados para serem realizados na etapa de infraestrutura, conforme EAP de planejamento dos meses de março e abril, figuras 29 e 22, foram registrados fotograficamente durante seus períodos de execução, conforme apresenta da figura 30 até a 41, no quadro 6.

Quadro 6 - Registros Fotográficos de execução de serviços na fase de infraestrutura



Figura 32 - Realização de solo cimento



Figura 33 - Camada de concreto magro



Figura 34 - Fôrma de sapatas



Figura 35 - Concretagem de sapatas



Figura 36 - Reaterro de valas



Figura 37 - Alvenaria de embasamento



Figura 38 - 1ª camada de aterro



Figura 39 - Fôrma e concretagem de vigas baldrame



Figura 40 - Impermeabilização de vigas baldrame



Figura 41 - 2ª camada de aterro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Durante a etapa de infraestrutura, foram feitas as instalações de esgoto e pluvial aterradas antes da segunda camada de aterro, visando uma redução das etapas do processo, ou seja, passar os tubos e conexões antes do aterro, para não ser necessário escavar o mesmo, reduzindo assim o tempo de ciclo do serviço.

Na realização do aterro da edificação, foi necessário um grande volume de piçarra, devido a um declive considerável do terreno, assim como é possível ver no quadro 7. O quadro 8, apresenta resumidamente e detalhadamente as datas de início e fim de cada serviço.

Quadro 7 - Volume total de aterro utilizado na fase de infraestrutura

| | |
|--------------------|-------------------|
| Caçambas | 25 |
| Volume por caçamba | 12m ³ |
| Volume Total | 300m ³ |

Fonte: Autora (2023)

Quadro 8 - Resumo do período de execução de serviços na etapa de infraestrutura

| SERVIÇO | DATA INICIAL | DATA FINAL |
|---------------------------------------|--------------|------------|
| Escavação de valas de sapatas | 20/03/2023 | 04/04/2023 |
| Armação de sapatas e tocos de pilares | 21/03/2023 | 23/03/2023 |

| | | |
|--|------------|------------|
| Realização de solo cimento | 22/03/2023 | 05/04/2023 |
| Camada de concreto magro | 22/03/2023 | 05/04/2023 |
| Fôrma de sapatas | 23/03/2023 | 05/04/2023 |
| Concretagem de sapatas | 23/03/2023 | 05/04/2023 |
| Reaterro de valas | 28/03/2023 | 05/04/2023 |
| Alvenaria de embasamento | 03/04/2023 | 11/04/2023 |
| Armação de vigas baldrames | 03/04/2023 | 04/04/2023 |
| Primeira camada de aterro | 11/04/2023 | |
| Fôrma e concretagem de vigas baldrames | 13/04/2023 | 14/04/2023 |
| Compactação de primeira camada de aterro | 17/04/2023 | 17/04/2023 |
| Impermeabilização de vigas com massa asfáltica | 18/04/2023 | 18/04/2023 |
| Segunda camada de aterro | 18/04/2023 | 19/04/2023 |
| Compactação segunda camada de aterro | 20/04/2023 | 20/04/2023 |
| Lastro de concreto magro do piso armado | 20/04/2023 | 20/04/2023 |
| Implantação de armação dos pilares | 21/04/2023 | 21/04/2023 |
| Concretagem de piso armado | 21/04/2023 | 21/04/2023 |

Fonte: Autora (2023)

4.8. Análises de canteiro na fase de infraestrutura

Com o fechamento do muro e as chuvas intensas na região, os materiais que haviam sido estocados antes do início da execução do muro, e até mesmo o container, ficaram com um acesso mais difícil, para isso algumas soluções foram pensadas, como a utilização de uma retroescavadeira para transportar a areia grossa estocada da parte posterior para a frente, e em novas compras foi pedido que fosse deixada também na frente da edificação. Em relação aos tijolos foi destinada uma equipe de 3 ajudantes para transportar os tijolos do lote lateral onde se encontrava para a frente da edificação, reduzindo assim o número de etapas e de atividades

que não agregam valor. Na figura 42, é possível observar os pontos citados.

Figura 42 - Rearranjo de areia grossa e blocos cerâmicos



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Analisando o layout do canteiro na fase de infraestrutura e a organização dos operários, foi possível perceber alguns dos princípios da construção enxuta, como a flexibilidade para facilitação de mudança de equipamentos, a simplificação através da redução do número de etapas, a redução do tempo de ciclo.

A betoneira sempre era posicionada em locais estratégicos de acordo com o serviço que estava sendo executado, assim como eram divididas as equipes uma para ficar somente na betoneira e outra para transportar o insumo. Ao iniciar o dia eram separadas todas as ferramentas e equipamentos que seriam utilizados durante o dia, reduzindo assim o número de etapas e consequentemente o tempo de ciclo. Outra equipe ficava apenas responsável por peneirar areia, para facilitar na hora que fosse utilizar o material.

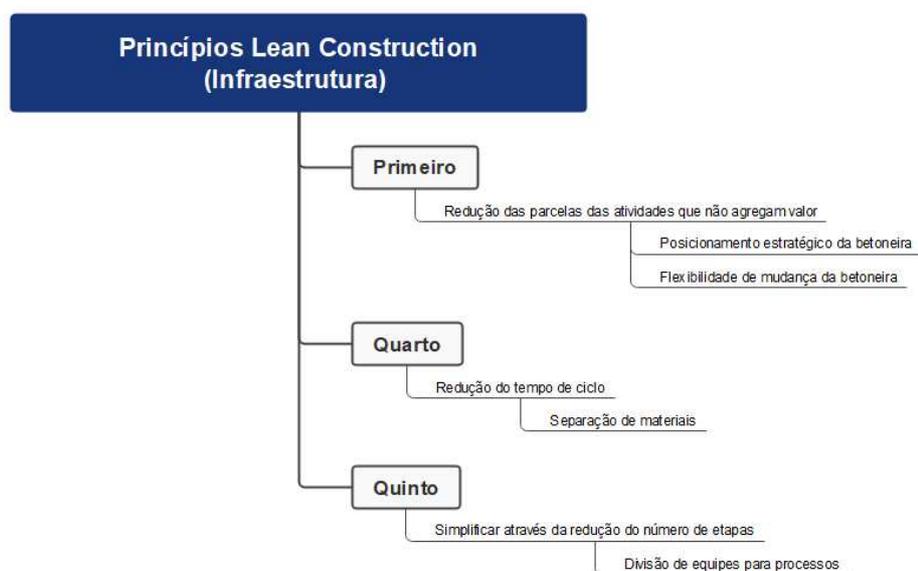
No processo de escavação das valas, houve uma pequena dificuldade de movimentação pela obra, pois o material da escavação ficou dentro do terreno e estavam sendo realizados vários processos ao mesmo tempo, sendo esses: solo cimento, lastro de concreto magro, fôrma e concretagem de sapatas e tocos de pilares e reaterro de valas.

Durante a concretagem do piso armado, a betoneira foi reposicionada para fora da

edificação, para que ficasse mais próximo da brita e da areia, para que a produção de concreto fosse mais rápida.

Com isso, foi possível observar o primeiro, quarto e quinto princípios da Lean Construction no canteiro na fase de infraestrutura, assim como apresenta a figura 43.

Figura 43 - Fluxograma de princípios da *Lean Construction* observados no canteiro na fase de infraestrutura



Fonte: Autora (2023)

4.9. Impactos nos planejamentos e orçamento na etapa de infraestrutura

Com todas as análises do que aconteceu no canteiro na etapa de infraestrutura, e em todos os serviços executados, é possível observar os impactos que ocorreram nos planejamentos tático e operacional e com isso analisar também no financeiro da edificação.

Na figura 28, é possível observar o período programado para início e fim da infraestrutura, de acordo com o quadro 8 o cronograma foi cumprido conforme o previsto. Na EAP de março, figura 29, o último processo construtivo previsto era o reaterro das valas das sapatas. Dando continuidade a etapa no mês de abril, estava previsto para iniciar com alvenaria de embasamento e o último serviço ser a marcação da alvenaria de vedação, conforme EAP de abril apresentada na figura 22.

Analisando o planejamento operacional, ao longo dessa fase, é possível perceber os impactos causados pela organização do canteiro e dos operários com técnicas *Lean*

Construction.

O planejamento da semana do dia 24 a 28 de abril, figura 44, apresenta que os processos de lastro de concreto magro do piso, amarração de tela e concretagem do piso armado foram planejados para acontecer nessa semana, porém acontecerem na semana anterior, do dia 17 a 21 de abril, figura 45.

Figura 44 - Planejamento operacional do dia 24 a 28 de abril

| Planejamento Semanal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----------------------|-------------------------------------|-----|-------|--------------------|------|--------------------|-------|---------------------|------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|
| Item | EQUIPE | Classif. Profissional | SERVIÇOS PROGRAMADOS | Und | Local | Quantitativo total | | Progresso Esperado | | Progresso Executado | | Período: 24/04/2023 a 28/04/2023 | | | | | | | | | |
| | | | | | | (%) | Qtd. | (%) | Qtd.* | (%) | Qtd. | S | T | Q | Q | S | S | D | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S01 | | Pedreiro/Ajudante | Lastro de concreto magro | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | P | X | X | | | | | | | |
| S02 | | Pedreiro/Ajudante | Amarração malha pop | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | P | | X | | | | | | | |
| S03 | | Pedreiro/Pedreiro | Concretagem piso armado | und | | 30% | 1 | 30% | 1,00 | 100% | | P | | X | X | | | | | | |
| S04 | | Pedreiro/Ajudante | Alvenaria de rechamamento | und | | 100% | 1 | 15% | 1,00 | 0% | | P | X | X | X | X | X | X | | | |
| S05 | | Pedreiro/Ajudante | Concretagem de pilares | und | | 30% | 1 | 30% | 1,00 | 0% | | P | | | | | | X | | | |
| S06 | | Engenheiro/Estágio | Compra de cimento | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | P | | | X | | | | | | |
| S07 | | Engenheiro/Estágio | Compra do rebotec | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | P | X | | | | | | | X | |
| S08 | | Engenheiro/Estágio | Comprar sarrafos | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | P | X | | | | | | | | |
| S09 | | Engenheiro/Estágio | Forma e concretagem de contravergas | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | P | | X | | | | | | | X |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Figura 45 - Planejamento operacional do dia 17 a 21 de abril

| Planejamento Semanal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----------------------|-----------------------------------|-----|-----------|--------------------|------|--------------------|-------|---------------------|------|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| Item | EQUIPE | Classif. Profissional | SERVIÇOS PROGRAMADOS | Und | Local | Quantitativo total | | Progresso Esperado | | Progresso Executado | | Período: 17/04/2023 a 21/04/2023 | | | | | | | | | |
| | | | | | | (%) | Qtd. | (%) | Qtd.* | (%) | Qtd. | S | T | Q | Q | S | S | D | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S01 | | Pedreiro/Ajudante | Fôrma e concretagem vigas | und | Baldrame | 40% | 1 | 40% | 1 | 100% | | P | X | X | | | | | | | |
| S02 | | Pedreiro/Ajudante | Impermeabilização de vigas | und | Baldrame | 100% | 1 | 100% | 1 | 0% | | P | X | X | X | | | | | | |
| S03 | | Pedreiro/Pedreiro | Compactação aterro | und | Infra | 30% | 1 | 30% | 1 | 0% | | P | X | | | X | X | | | | |
| S04 | | Pedreiro/Ajudante | Tubulações esgoto e pluvial | und | Infra | 100% | 1 | 100% | 1 | 0% | | P | X | X | X | | | | | | |
| S05 | | Pedreiro/Ajudante | Aterro com pigarra | und | Infra | 30% | 1 | 30% | 1 | 0% | | P | | | X | X | | | | | |
| S06 | | Engenheiro/Estágio | Compra de cimento | und | Infra | 100% | 50 | 100% | 50 | 0% | | P | X | | | X | | | | | |
| S07 | | Engenheiro/Estágio | Quantitativo e compra de sarrafos | und | Supra | 100% | 1 | 100% | 1 | 0% | | P | X | | | | | | | | |
| S08 | | Engenheiro/Estágio | Fazer pedido de tijolo 9 cm | und | Alvenaria | 100% | 1 | 100% | 1 | 0% | | P | X | | | X | | | | | |
| S09 | | Engenheiro/Estágio | Marcar pontos de drenos, QD, etc | und | Infra | 100% | 1 | 100% | 1 | 0% | | P | X | | | | | | | | |
| S01 | | Pedreiro/Ajudante | Lastro de concreto magro | und | Infra | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | P | | | | X | | | | | |
| S02 | | Pedreiro/Ajudante | Amarração malha pop | und | Infra | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | P | | | | | | | X | | |
| S03 | | Pedreiro/Pedreiro | Concretagem piso armado | und | Infra | 30% | 1 | 30% | 1,00 | 100% | | P | | | | | | | X | | |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Com esses adiantamentos de serviço, a engenheira gestora teve reprogramar seus planejamentos, baseado nos progressos das semanas anteriores. Em conversa com a mesma, foi dito que com a organização da mão de obra e do canteiro, ela teve que passar a fazer o

planejamento semanal sempre no fim de cada semana, pois tinha que reprogramar os serviços com base no que foi executado e visando o que seria executado nas próximas semanas, ou seja, ela tinha que está sempre um passo a frente, para que não faltasse material, mas que também não acumulasse material desnecessário na obra.

Sabendo dos impactos nos planejamentos, foi possível verificar o que aconteceu no orçamento da edificação. No cronograma físico financeiro, presente no anexo A, é possível identificar o valor previsto para ser gasto na etapa de infraestrutura, nos meses de março e abril. A figura 46 apresenta que em março o previsto era o valor de **R\$ 53.703,05** (cinquenta e três mil setecentos e três reais e cinco centavos), e em abril era **R\$ 59.665,06** (cinquenta e nove mil reais seiscentos e sessenta e cinco reais e seis centavos).

Figura 46 - Valores previstos a serem gastos na etapa de infraestrutura

| mar/23 | | abr/23 | |
|--------|------------------|--------|------------------|
| 5,21% | | 5,79% | |
| R\$ | 53.703,05 | R\$ | 59.665,06 |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Tabela 1 - Resumo de gastos no mês de março

| DATA | SEMANA | VALOR |
|--------------------|-----------|----------------------|
| 03/03/2023 | SEMANA 04 | R\$ 8.138,49 |
| 10/03/2023 | SEMANA 05 | R\$ 7.096,14 |
| 17/03/2023 | SEMANA 06 | R\$ 15.097,68 |
| 24/03/2023 | SEMANA 07 | R\$ 36.880,81 |
| 31/03/2023 | SEMANA 08 | R\$ 10.787,21 |
| TOTAL MARÇO | | R\$ 78.000,33 |

Fonte: Autora (2023)

Pode-se observar que houve uma diferença entre o previsto e o executado, assim como exibe a tabela 2, e essa diferença foi relacionada à compra de ferro, em que a engenheira gestora optou por comprar os ferros da infraestrutura e superestrutura do pavimento térreo. Em conversa com a mesma, foi dito que houve uma conversa com os clientes, e que foi repassado para os mesmos que seria interessante realizar não só a compra dos ferros da infraestrutura, como também da superestrutura, devido ao ritmo da mão de obra observada na construção do muro, e para não atrasar os processos executivos, pois seria necessário fazer a armação dos pilares para amarrar juntamente com o piso armado e também porque o referido material

demora um pouco para ser entregue, então a compra foi concentrada no mês de março, o que ocasionou uma diferença de **R\$ 24.291,28** a mais, conforme é possível observar na tabela 2.

Tabela 2 - Diferença entre valores previsto e executado no mês de março

| Previsto | Executado | Diferença |
|---------------|---------------|-----------------|
| R\$ 53.709,05 | R\$ 78.000,33 | - R\$ 24.291,28 |

Fonte: Autora (2023)

Com essa análise é possível concluir que não foi só o planejamento que teve que ser reprogramado, o orçamento também foi impactado, o que se pode dizer que foi um processo de efeito em cadeia. A tabela 3 referencia os gastos no mês de abril totalizando **R\$ 53.523,57** (cinquenta e três mil quinhentos e vinte e três reais e cinquenta e sete centavos), referente as semanas 9, 10, 11 e 12.

Tabela 3 - Resumo de gastos no mês de abril

| DATA | SEMANA | VALOR |
|--------------------|-----------|----------------------|
| 07/04/2023 | SEMANA 09 | R\$ 4.198,35 |
| 14/04/2023 | SEMANA 10 | R\$ 20.615,90 |
| 21/04/2023 | SEMANA 11 | R\$ 9.737,28 |
| 28/04/2023 | SEMANA 12 | R\$ 18.972,04 |
| TOTAL ABRIL | | R\$ 53.523,57 |

Fonte: Autora (2023)

Tabela 4 - Diferença entre valores previsto e executado no mês de abril

| Previsto | Executado | Diferença |
|---------------|---------------|--------------|
| R\$ 59.665,06 | R\$ 53.523,57 | R\$ 6.141,49 |

Fonte: Autora (2023)

Observando a tabela 4, é possível ver uma economia de **R\$ 6.141,49** (seis mil cento e quarenta e um reais e quarenta e nove centavos), em relação ao que estava previsto para o mês e o que realmente foi gasto.

4.10. Etapa de superestrutura

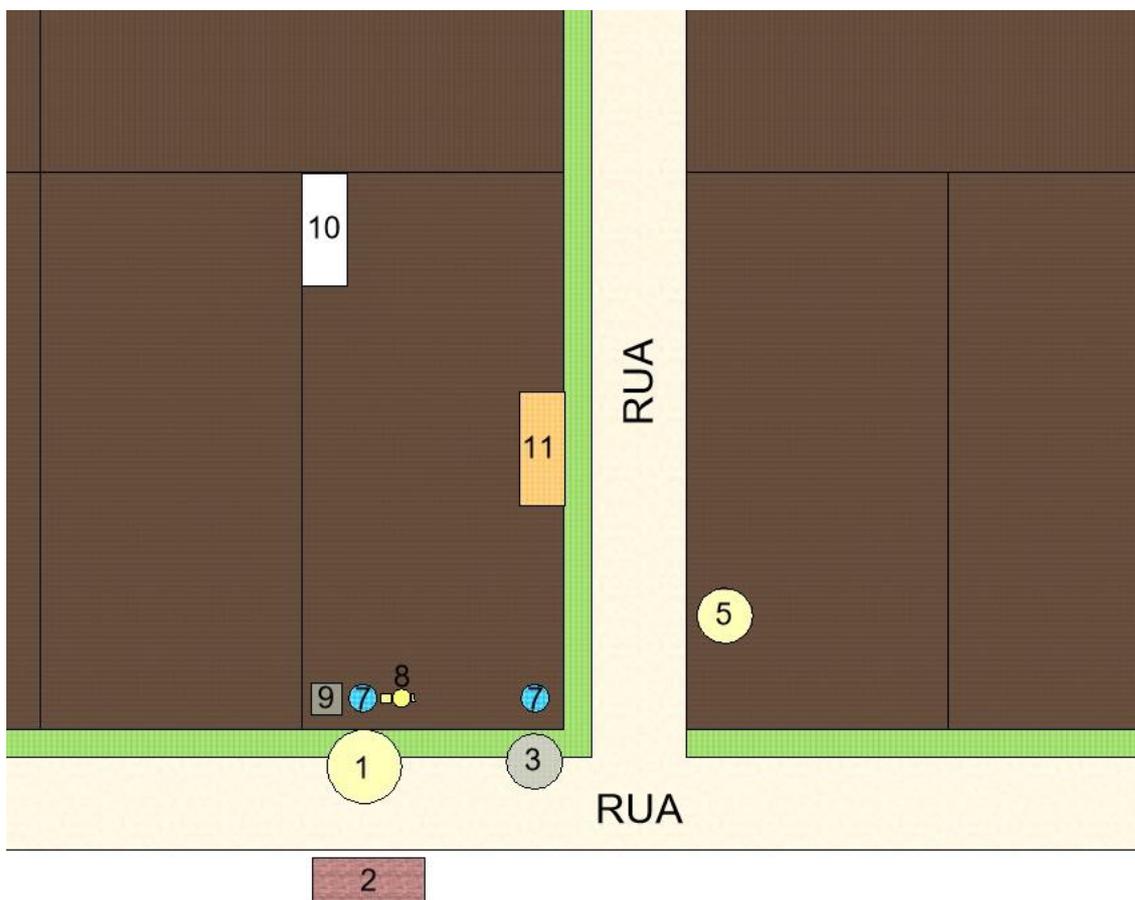
A figura 47 ilustra o layout de como foi arranjado o canteiro real na fase de superestrutura. O quadro 9, apresenta a descrição dos itens da planta.

Quadro 9 - Descrição de itens do canteiro na etapa de superestrutura

| ITEM | MATERIAL/ EQUIPAMENTO |
|------|-----------------------------|
| 1 | Areia Grossa |
| 2 | Blocos Cerâmicos |
| 3 | Brita |
| 5 | Areia Fina |
| 7 | Caixa D'água |
| 8 | Betoneira |
| 9 | Cimento |
| 10 | Tubulações Hidrossanitárias |
| 11 | Madeiras |

Fonte: Autora (2023)

Figura 47 - Layout do canteiro na fase de superestrutura



Fonte: Autora (2023)

Após o término da etapa de infraestrutura, houve a mudança do canteiro para o início da superestrutura, para o rearranjo dos materiais e equipamentos assim como é possível observar na figura 47, e para isso foi feita uma limpeza e aterro na frente da edificação, figura 48.

Figura 48 - Limpeza para mudança de canteiro



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Os itens 1 e 3, com a mudança do canteiro foram alocados em frente a edificação, para que ficassem mais próximos da betoneira, e do cimento, assim como para facilitar e reduzir o desperdício da taxa com movimentação de materiais.

O item 5, continuou alocado onde estava desde a fase de infraestrutura, pois como foi estocado no início da construção e é um material utilizado apenas para argamassa de assentamento e reboco.

O item 8 foi posicionado estrategicamente dentro do terreno e próximo ao cimento e água, para simplificar os processos, reduzir as etapas e conseqüentemente o tempo de ciclo das atividades, na figura 49 é possível observar a localização desse item.

Com a devolução do container, após o fechamento do muro e finalização da infraestrutura, os itens 9, 11 e 10 foram armazenados dentro da edificação, sendo o primeiro nas circulações externas, o segundo na área da piscina que não estava sendo utilizada, e o terceiro dentro do terreno em uma área livre na frente, para o armazenamento do mesmo, foi realizada uma cobertura, figura 50, pois não é um material que não pode está sujeito a intempéries.

Figura 49 - Posicionamento da betoneira na etapa de superestrutura



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Figura 50 - Coberta para armazenamento de cimento e equipamentos pequenos



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Antes de começar a superestrutura em si, houve a execução de metade da alvenaria, foi optado por começar pelas paredes para economizar em fôrmas de pilares e deixar o processo

mais rápido, pois ao decorrer do levantamento da alvenaria, começavam a serem feitas a montagem das fôrmas dos pilares e concretagem, sendo assim a mesma foi realizada em duas vezes.

A fase de superestrutura que é a segunda em estudo, estava prevista para iniciar em abril de 2023, e está com 15% concluída, sendo essa percentagem referente a armação e amarração dos pilares e, finalizar o pavimento térreo, ou seja, 50% concluído em maio do mesmo ano, conforme figura 51. Na EAP de planejamento, figuras 22 e 52, é possível observar os serviços programados para os respectivos meses.

Figura 51 - Cronograma de início e fim da superestrutura do pavimento térreo

| Serviço | TEMPO DE OBRA (MESES): | | 15 | | fev/23 | | mar/23 | | abr/23 | | mai/23 | |
|-----------------------|------------------------|-------|-----|-----|--------|------|--------|------|--------|-----|--------|----|
| | R\$ | % | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac |
| DOCUMENTAÇÃO | R\$ 7.749,11 | 0,75% | 0% | 0% | 100% | 100% | | | | | | |
| SERVIÇOS PRELIMINARES | R\$ 11.958,55 | 1,16% | 80% | 80% | 20% | 100% | | | 100% | | | |
| INFRA-ESTRUTURA | R\$ 36.754,87 | 3,57% | | 0% | 40% | 40% | 60% | 100% | | | | |
| SUPERESTRUTURA | R\$ 53.411,89 | 5,19% | | 0% | | 0% | 15% | 15% | 35% | 50% | | |

Fonte: Melius Engenharia (2023)

Figura 52 - Planejamento tático do mês de maio

Cronograma de Serviços – maio 2023 – Residência R&R

1. Alvenaria de vedação do pavimento térreo
2. Armação, fôrma e concretagem de pilares
3. Armação, fôrma e concretagem de vigas intermediárias (detalhe sacado)
4. Armação, fôrma e concretagem de contravergas das janelas
5. Armação, fôrma, escoramento e concretagem de vigas
6. Escoramento e montagem da laje (lajotas e vigotas)
7. Amarração de telas da laje
8. Concretagem da laje

Fonte: Melius Engenharia (2023)

Os serviços programados para serem realizados na etapa de superestrutura, conforme EAP de planejamento dos meses de abril e maio, figuras 22 e 52, foram registrados fotograficamente durante seus períodos de execução, conforme apresenta da figura 53 a 61.

Quadro 10 - Registros Fotográficos de execução de serviços na fase de superestrutura

Figura 53 - Armação de pilares



Figura 54 - Pilares amarrados



Figura 55 - Marcação de alvenaria



Figura 56 - Elevação de alvenaria de vedação



Figura 57 - Realização de contra vergas de esquadrias



Figura 58 - Fôrma e concretagem de pilares



Figura 59 - Instalação de fundos e escoramento de vigas



Figura 60 - Armação de vigas



Figura 61 - Fôrma e concretagem de vigas



Fonte: Autora (2023)

O quadro 11, apresenta resumidamente e detalhadamente as datas de início e fim de cada serviço.

Quadro 11 - Resumo do período de execução dos serviços na etapa de superestrutura

| SERVIÇO | DATA INICIAL | DATA FINAL |
|---|--------------|------------|
| Armação de pilares pavimento térreo | 17/04/2023 | 19/04/2023 |
| Implantação e amarração de armação dos pilares | 21/04/2023 | 21/04/2023 |
| Marcação de alvenaria de vedação | 24/04/2023 | 24/04/2023 |
| Elevação de alvenaria de vedação | 25/03/2023 | 10/05/2023 |
| Vergas e contravergas | 27/04/2023 | 10/05/2023 |
| Fôrma e concretagem de pilares | 28/04/2023 | 09/05/2023 |
| Armação de vigas | 10/05/2023 | 19/05/2023 |
| Fundos e escoramento de vigas | 10/05/2023 | 19/05/2023 |
| Fôrma e concretagem de vigas | 17/05/2023 | 26/05/2023 |

Fonte: Autora (2023)

4.11. Análises de canteiro na fase de superestrutura

Como mencionado no 2.2.1, o posicionamento dos equipamentos e a alocação dos materiais é de suma importância, ou seja, a organização do canteiro é um fator que afeta o tempo dos processos executivos e a produtividade da mão de obra, consequentemente afetando no custo final da obra. Houve a mudança do canteiro da fase de infraestrutura para a fase de superestrutura, sendo possível observar nesse caso o oitavo princípio da construção enxuta, que é o foco no controle do processo global, em que diz que é preciso focar no objetivo final e não somente no que está sendo executado no momento, permitindo a flexibilidade do canteiro.

Então analisando o layout do canteiro na fase de superestrutura, anexo D, os serviços

executados, o que a mão de obra fez para se organizar melhor e reduzir o tempo de ciclo dos processos, foi possível fazer a verificação dos impactos ocasionados pela distribuição do canteiro, na parte dos planejamentos de médio e curto prazo e conseqüentemente no financeiro durante a execução dos serviços nessa etapa.

Antes de iniciar de fato a superestrutura foi preciso levantar metade da alvenaria. Durante a marcação da alvenaria, observando a rotatividade de 2 elementos principais: argamassa de assentamento e os blocos cerâmicos, foi destinada uma equipe de 2 ajudantes para transportar os tijolos de onde se encontravam, conforme apresenta o anexo D, para dentro da obra, utilizando de um carrinho de mão, e distribuindo os mesmos de acordo com a quantidade de pedreiros, para que assim o material estivesse sempre perto dos mesmos, mas também de uma forma que não comprometesse a locomoção pela obra, essa medida foi estabelecida pelo mestre da obra, responsável por dividir e organizar as equipes para as frentes de serviço, conforme ilustra a figura 62, reduzindo assim o número de etapas, quinto princípio, e possíveis desperdícios de produtividade e conseqüentemente ocasionando a redução do tempo de ciclo da execução não só dessa etapa construtiva como das que viriam a seguir.

É importante ressaltar que caso houvesse interferências de intempéries, haveriam restrições em relação a atrasos de atividades, e com isso a produtividade seria afetada, conseqüentemente podendo mudar algum fator a respeito do planejamento e por fim do orçamento.

Figura 62 - Distribuição de tijolos pela obra

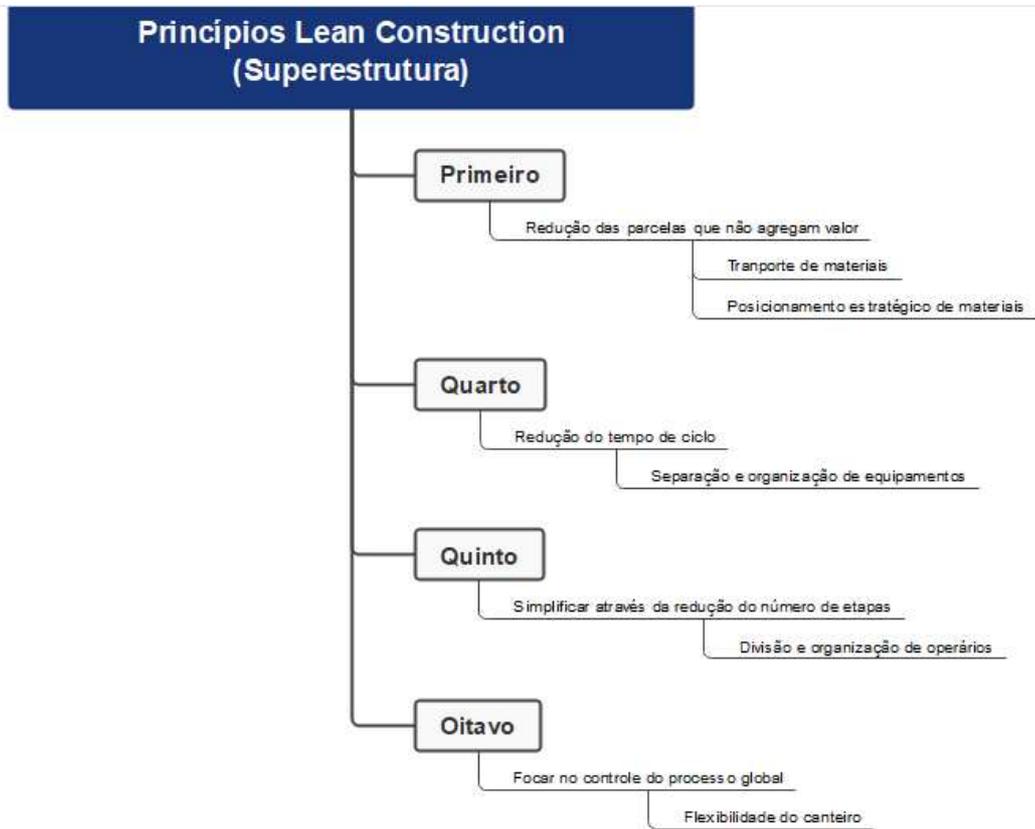


Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Com isso foi possível observar o primeiro, quarto, quinto e oitavo princípios da construção enxuta, conforme fluxo apresentado na figura 63.

Figura 63 - Fluxograma de princípios da Lean Construction observados no canteiro na fase

de superestrutura



Fonte: Autora (2023)

4.12. Impactos nos planejamentos e no orçamento na etapa de superestrutura

Como a fase de infraestrutura ocorre antes da superestrutura, para realizar a análise dos impactos foi necessário avaliar a etapa de superestrutura do pavimento térreo, e partindo disso verificar as consequências nos planejamentos de médio e curto prazo, e no financeiro durante a segunda etapa estudada.

Na figura 51, é possível observar o período programado para início e fim da superestrutura do pavimento térreo, de acordo com quadro 11, o cronograma foi cumprido conforme o previsto. Na EAP do mês de abril, figura 22, observa-se que estava previsto para finalizar a infraestrutura e iniciar a alvenaria de vedação, com a marcação da mesma. Dando continuidade a segunda etapa no mês de maio, estava previsto para começar a concretagem dos pilares e finalizar com a concretagem da laje.

Com isso, pode-se ver uma reprogramação na EAP do mês de maio, pois a concretagem da laje estava prevista para junho, conforme cronograma físico financeiro apresentado no anexo A, isso porque a piscina estava prevista para iniciar em maio, mas devido

ao pouco espaço dentro do terreno para alocar os materiais como é possível observar na planta da figura 11, o local da piscina e das circulações externas foram utilizadas para armazenar materiais, conforme figura 64, foi optado pela engenheira gestora dar seguimento apenas a superestrutura, o que causou um adiantamento da laje do pavimento térreo, fato esse também motivado pelos adiantamentos ocorridos na fase de infraestrutura.

Figura 64 - Espaço da piscina utilizado para armazenamento de tubulações e conexões de esgoto



Fonte: Acervo Pessoal (2023)

Segundo a EAP do mês de maio, figura 52, e o planejamento operacional, figura 65, o processo de fôrma e concretagem de pilares estava previsto para iniciar apenas em maio, mas devido ao adiantamento dos serviços mencionados no item 4.9, esse processo teve início ainda no mês de abril, conforme mostra o quadro 11.

Figura 65 - Planejamento operacional do dia 01 a 05 de maio

| Planejamento Semanal | | | | | | | | | | | Período: 01/05/2023 a 05/05/2023 | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----------------------|-------------------------------------|-----|----------|--------------------|------|--------------------|-------|---------------------|----------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| Item | EQUIPE | Classif. Profissional | SERVIÇOS PROGRAMADOS | Und | Local | Quantitativo total | | Progresso Esperado | | Progresso Executado | | P | 1/5 | 2/5 | 3/5 | 4/5 | 5/5 | 6/5 | 7/5 | |
| | | | | | | (%) | Qtd. | (%) | Qtd.: | (%) | Qtd. | | | | | | | | | |
| S01 | | Pedreiro/Ajudante | Alvenaria de vedação em altura | und | Avenaria | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | X | X | X | X | X | | | | |
| S02 | | Pedreiro/Ajudante | Armação de vigas intermediárias | und | Vigas | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 100% | | X | X | X | X | X | | | | |
| S03 | | Pedreiro/Pedreiro | Forma vigas intermediárias | und | Vigas | 30% | 1 | 30% | 1,00 | 100% | | | | X | X | | | | | |
| S04 | | Pedreiro/Ajudante | Concretagem de vigas intermediárias | und | Vigas | 100% | 1 | 15% | 1,00 | 0% | | | | | X | X | | | | |
| S05 | | Pedreiro/Ajudante | Forma de pilares | und | Pilares | 30% | 1 | 30% | 1,00 | 0% | | X | X | | | | | | | |
| S06 | | Pedreiro/Ajudante | Concretagem de pilares em altura | und | Pilares | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | X | X | | | | X | | | |
| S07 | | Engenheira/Estágia | Compra dos fundos de viga | und | Vigas | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | | X | | | | | | | |
| S08 | | Engenheira/Estágia | Verificação de ferros e arame | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | | | X | | | | | | |
| S09 | | Engenheira/Estágia | Aluguel de escoras | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | | | X | | | | | | |
| S10 | | Engenheira/Estágia | Volume de concreto da laje | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | | | | | | X | | | |
| S11 | | Engenheira/Estágia | Quantitativo telas laje | und | | 100% | 1 | 100% | 1,00 | 0% | | | X | | | | X | | | |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

Com essas análises foi possível observar a importância de deixar o canteiro mais flexível de forma que foque no processo global, e em conjunto com isso, a organização da gestão e planejamento da obra, para a necessidade de reprogramações, nesse caso, para que não dificultasse a locomoção pela obra, com materiais espalhados sem um lugar para que fossem armazenados, assim como para evitar as atividades que não agregam valor e que somente iam atrapalhar o desenvolvimento da edificação.

Conhecendo os impactos ocorridos nos planejamentos na etapa em estudo, devido as necessidades e organização do canteiro, verificou-se os impactos no orçamento durante a etapa de superestrutura.

No cronograma físico-financeiro, presente no anexo A, mostra que o valor previsto para ser gasto na etapa de superestrutura, última semana de abril e no mês de maio, em abril era **R\$ 59.665,06** (cinquenta e nove mil reais seiscentos e sessenta e cinco reais e seis centavos), e em maio **R\$ 53.625,14** (cinquenta e três mil seiscentos e vinte e cinco reais e quatorze centavos) Na figura 66, é possível identificar esses valores.

Figura 66 - Valores previstos a serem gastos na etapa de superestrutura

| | abr/23 | mai/23 |
|-----|-----------|---------------|
| | 5,79% | 5,21% |
| R\$ | 59.665,06 | R\$ 53.625,14 |

Fonte: Adaptado da empresa construtora (2023)

É possível observar na tabela 3, o valor gasto na última semana de abril, que foi onde começou a fase de alvenaria de vedação e superestrutura. Como mencionado no item 4.10, a compra de ferros da superestrutura do térreo foi concentrada no mês de março juntamente com a ferragem da fundação.

Tabela 5 - Resumo de gastos no mês de maio

| DATA | SEMANA | VALOR |
|-------------------|-----------|----------------------|
| 05/05/2023 | SEMANA 13 | R\$ 14.499,73 |
| 12/05/2023 | SEMANA 14 | R\$ 8.000,78 |
| 19/05/2023 | SEMANA 15 | R\$ 11.982,16 |
| 26/05/2023 | SEMANA 16 | R\$ 40.051,12 |
| TOTAL MAIO | | R\$ 74.533,79 |

Fonte: Autora (2023)

Tabela 6 - Diferença entre valores no mês de maio

| Previsto | Executado | Diferença |
|---------------|---------------|------------------------|
| R\$ 53.625,14 | R\$ 74.533,79 | - R\$ 20.908,65 |

Fonte: Autora (2023)

Observando a tabela 6, é possível identificar uma diferença de **R\$ 20.908,65** (vinte mil novecentos e oito reais e sessenta e cinco centavos), entre o que estava previsto e o que foi gasto. Essa diferença se deu pelo adiantamento da execução da laje treliçada, em que foram comprados vigotas, lajotas e a tela de aço, e com isso a necessidade da compra de ferros da superestrutura do primeiro pavimento, assim como foi feito a compra de 280 sacos de cimento, pois iria ter um aumento nesse material, e comprando nessa quantidade ficaria mais barato e não seria preciso comprar nas semanas seguintes. Em conversa com a gestão da obra, foi dito que devido as reprogramações e para gerar uma maior economia foi optado pelos clientes realizar também a compra dos ferros da escada, da piscina e da cisterna.

No anexo A, é possível ver o valor previsto para o mês de junho, **R\$ 90.001,80** (noventa mil e um reais e oitenta centavos), em que está programado para ser executadas, a escada, a piscina, cisterna e montagem de concretagem da laje, que devido aos adiantamentos citados, a compra mais onerosa para a realização desses serviços, que são os ferros e os materiais da laje, foram antecipadas e concentradas no mês de maio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada no presente trabalho buscou mostrar como seria o layout de um canteiro ideal, baseado nos princípios da *Lean Construction*, e partindo desse ponto analisar os layouts do arranjo real do canteiro tanto na etapa de infraestrutura como na de superestrutura em uma obra residencial.

A disposição dos materiais no canteiro tem associação diretamente com a análise dos processos construtivos. Assim quando junta isso com a compreensão, definições de todos os espaços que fazem parte do canteiro de obras e os princípios da *Lean Construction*, é possível planejar o layout dos espaços com o arranjo dos materiais e que irão proporcionar condições oportunas para a execução da construção, assim como foi feito para o layout do canteiro ideal.

Com a análise do arranjo e organizações desses canteiros, e das melhorias que foram utilizadas pela mão de obra baseando-se em alguns dos onze princípios da construção enxuta, foi possível ver que realmente impactou nos planejamentos e no orçamento de cada etapa que foi estudada.

Na primeira etapa é possível observar que impactou no tempo de execução dos serviços, com um adiantamento dos mesmos, o que fez com que os planejamentos tivessem que ser reprogramados, de acordo com o que foi executado, impactando assim na organização por parte da gestão da obra, impactando conseqüentemente no orçamento da fase em estudo, pois devido a adiantamento de processos, alguns materiais tiveram que ser adiantados, aumentando assim o custo durante um dos meses da etapa, assim como também houve economia durante um dos mesmos, por causa de uma reprogramação de serviços estavam previsto para acontecer e não aconteceram. Nessa etapa pode-se observar que dos quatro princípios idealizados, 75% foram atingidos.

Na segunda etapa também houve impactos, como, a necessidade também de reprogramação dos planejamentos baseado em progressos da mão de obra em conseguirem se planejar para efetuar melhorias na organização do canteiro, aumentando assim a produtividade e reduzindo as taxas de desperdício de movimentações com materiais. Então com esses replanejamentos e adiantamento de serviços, o financeiro foi impactado, de forma que tiveram que ser comprados materiais que não estavam programados para os meses que abrangem essa etapa. Já nessa etapa pode-se observar que dos quatro princípios idealizados, 100% foram atingidos.

Por fim, com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a organização do canteiro

em conjunto com a disposição da mão de obra, e com os princípios da construção enxuta, é de fundamental importância para o aperfeiçoamento e integração dos processos construtivos, pois haverá uma ampliação de rendimentos pelos operários, fazendo com que o replanejamento também seja feito na intenção de sempre motivá-los a cumprir ou adiantar as metas, que dessa forma vai afetar no financeiro todos os meses, tanto com economias, tanto com aumentos devido serviços adiantados.

REFERÊNCIAS

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report, California, 1992.

ISATTO, E.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C.L. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil**. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000. 177p

BERNARDES, M. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

ABRAININC. **ABRAININC Explica: A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira**. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a-importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

CBIC. **A importância da construção civil para a economia nacional**. Disponível em: <https://cbic.org.br/a-importancia-da-construcao-civil-para-a-economia-nacional/#:~:text=A%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%2C%20por%20ser,capaz%20de%20proporcionar%20desenvolvimento%20social>. Acesso em: 30 jan. 2023.

IPOG. **Lean Construction: benefícios, exemplos e cinco princípios fundamentais**. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/lean-construction/>. Acesso em: 30 jan. 2023.

LORENZON, I. A; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction**: Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, Anais XIII p. 2-6, nov./2006. Disponível em: https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf. Acesso em: 31 jan. 2023.

MOTA, M. K. C. **Estudo da implantação de ferramentas da construção enxuta em uma empresa de construção civil**. 2008. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

BORGES, J. F. B. **Gestão de Projetos na Construção Civil**. Revista Online IPOG: ESPECIALIZE. 5 ed. Goiânia, 2013.

ARROTÉIA, A. V.; AMARAL, T. G. DO; MELHADO, S. B. **Gestão de projetos e sua**

interface com o canteiro de obras sob a ótica da Preparação da Execução de Obras (PEO). Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 2, out./dez. 2014.

CADAMURO, J. S. **Liderança: No canteiro de obras.** 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2012. p. 28-147.

SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: Um estudo de caso.** UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Trabalho de mestrado, Porto Alegre. v. 1, 1995.

FRANCO, J. A. R. **OTIMIZAÇÃO NO CANTEIRO DE OBRA, UTILIZANDO OS MÉTODOS DO LEAN CONSTRUCTION.** v.1, p. 16 – 47. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

FORMOSO, C. T; SAURIN, T. A. **Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos.** Recomendações técnicas HABITARE. Porto Alegre, 2006.

OLIVEIRA, I. L.; SERRA, S. M. B. **Análise da organização de canteiros de obras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. Anais.... Florianópolis: ENTAC, 2006.

Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18 – **Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122:** Projeto e execuções de fundações. Rio de Janeiro, p. 2. 1994.

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

WOMACK, J. P.; JONES, D.R. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o desperdício e crie riquezas.** Rio de Janeiro: Campus, 1996.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. p. 60-81.

MACHADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. **Modelos de produção enxuta destinados à viabilização de vantagens competitivas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. Anais... Salvador: ENEGEP, 2001.

SANTOS, A. **Método alternativo de intervenção em obras de edifícios enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso**. Porto Alegre, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande Sul. Porto Alegre.

NETO, J. P. B.; ALVES, T. C. L. **Análise da implementação da filosofia lean em empresas construtoras**. In: SIMPOI, 2008, Ceará. Anais...Ceará. UFC, 2008. p.3-6.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12284**: Áreas de vivência em canteiro de obras. Rio de Janeiro, p. 2. 1996. p. 1. 1991.

Prasad, K. V; Vasugui, V. **Fatores de prontidão para organizações sustentáveis de transformação enxuta**. Suíça, 2023. p.1.

MORO, L. F. C. **Análise de canteiros de obras visando o processo produtivo**. v.1. Trabalho de conclusão de curso - UFSM. Santa Maria, 2015.

SILVA, M. S. T. C. **Planejamento e controle de obras**. Trabalho de conclusão de curso – UFBA. Salvador, 2011.

MATOS, A. C. G. **Construção enxuta: um estudo sobre as ferramentas da produção enxuta aplicáveis a construção civil**. UFC – Universidade Federal do Ceará. v.1. Fortaleza, 2013.

NETO, J. C. **Logística de canteiro de obra aumento de produtividade e redução de desperdício**. Trabalho de conclusão de curso - FATECS, repositório Uniceub. Brasília, 2014.

SOUZA, U. E. L.; FRANCO, L. S. **Definição do layout do canteiro de obras**. In: Boletim técnico da escola politécnica da USP. São Paulo, 1997.

NASCIMENTO, A. H.; REINALDO, P. A. **Planejamento de obra utilizando conceitos da Lean Construction: Estudo de caso**. UNISUL. v.1. p.18. Palhoça, 2017.

OHNO, T. **Toyota Production System: beyond Large-Scale Production**. Productivity Press: Cambridge, Mass. 1988, 142p.

FALCÃO, A. S. G. **Diagnóstico de perdas e aplicação de ferramentas para o controle da qualidade e melhoria do processo de produção de uma etapa construtiva de edificações habitacionais**. Repositório Lume, UFRGS. p.19-20. Porto Alegre, 2001.

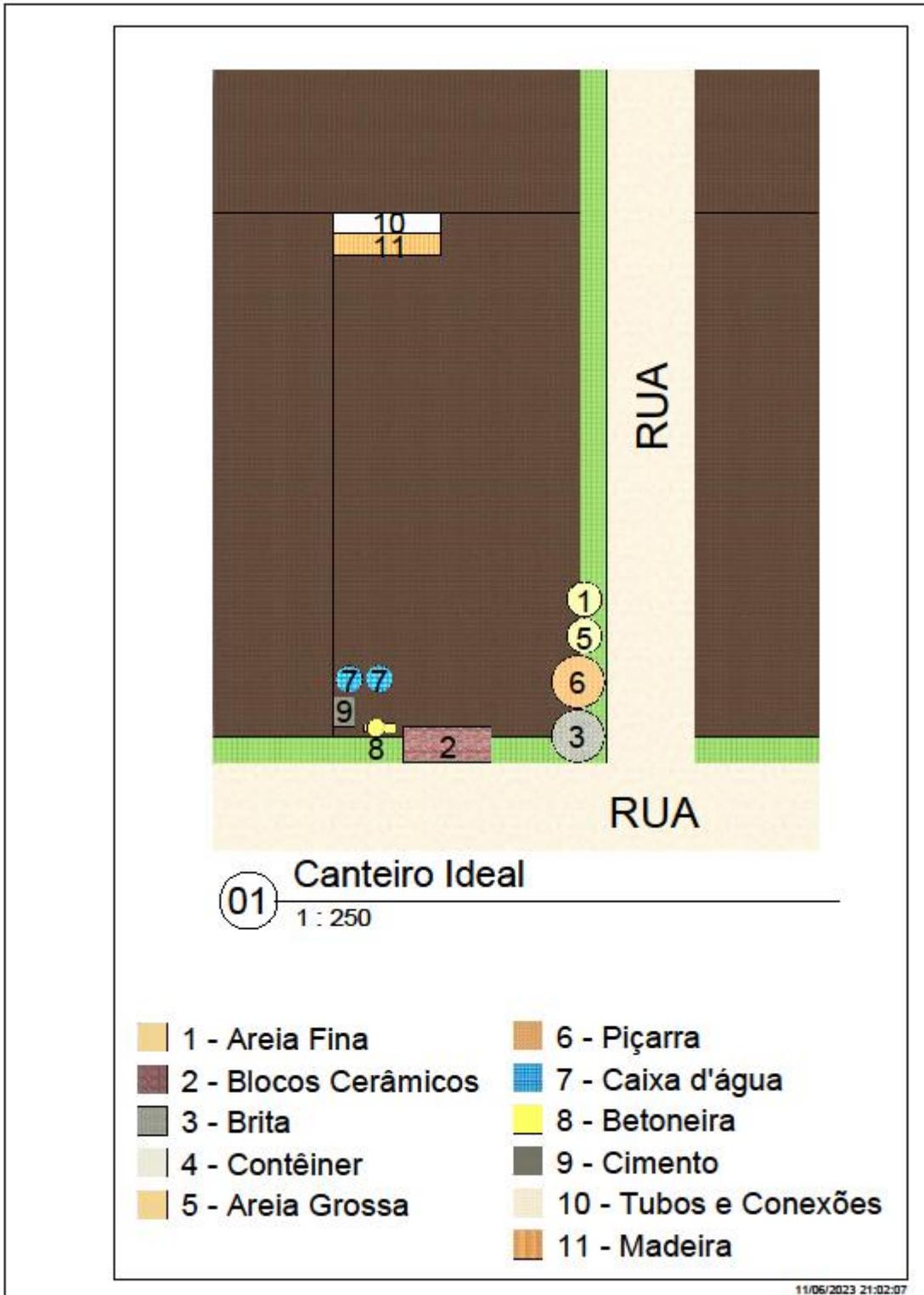
GONÇALVES, P. G. F. **Estudo e análise da metodologia Lean Construction**. Monografia de especialização. UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. v.1, p.29. Belo Horizonte, 2014.

ANEXOS

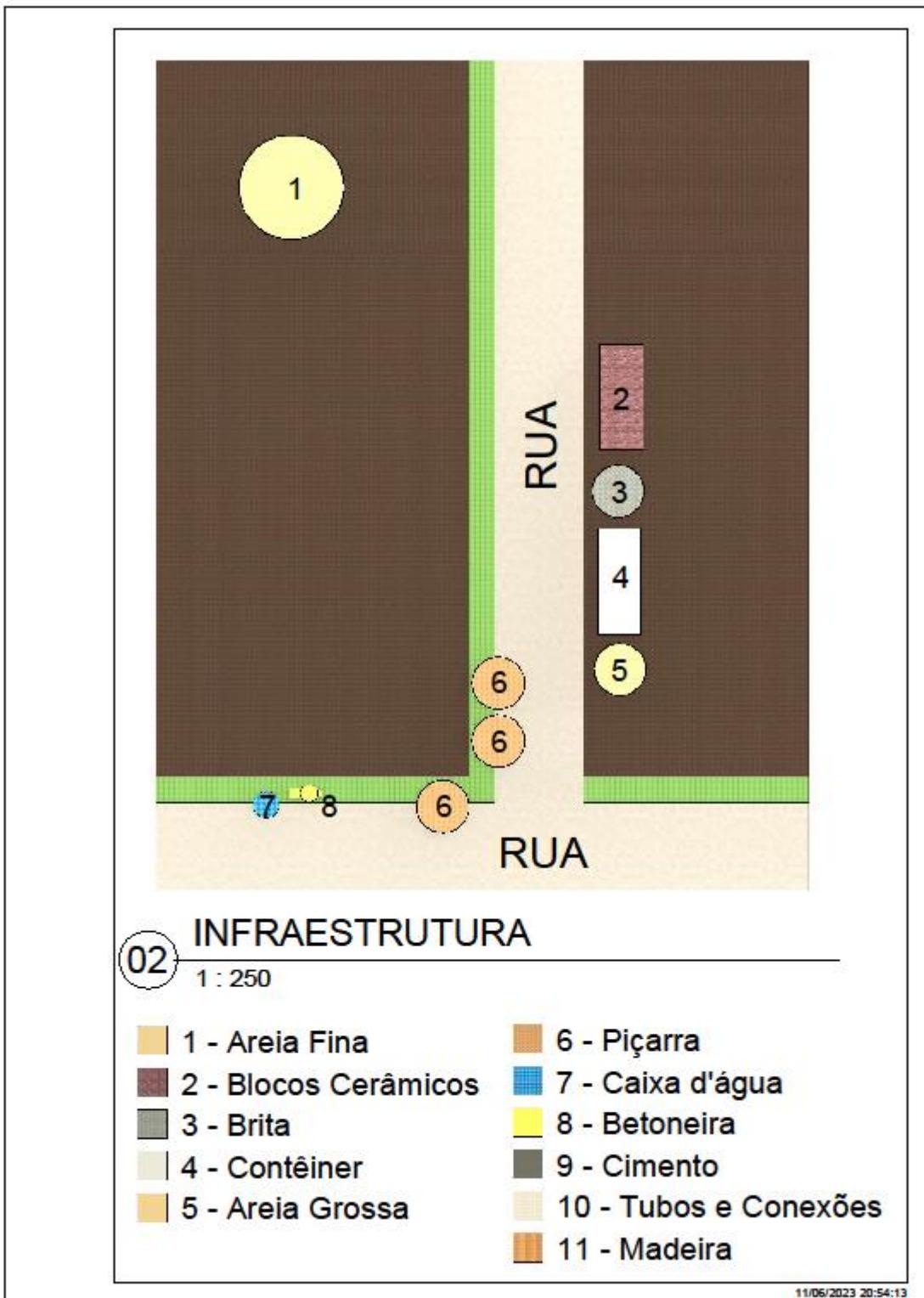
ANEXO A – Cronograma Físico Financeiro

| Serviço | TEMPO DE OBRA (MESES): | | 15 | | fev/23 | | mar/23 | | abr/23 | | mai/23 | | jun/23 | | jul/23 | | ago/23 | | set/23 | | out/23 | | nov/23 | | dez/23 | | jan/24 | | fev/24 | | mar/24 | | abr/24 | | |
|------------------------------|-------------------------|------------|---------------|------|----------------|-------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|------------------|-------|------------------|------|--------------|------|--------------|
| | R\$ | % | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | Sp | Ac | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DOCUMENTAÇÃO | R\$ 7.749,11 | 0,75% | 0% | 0% | 100% | 100% | | | 100% | | 100% | | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| SERVIÇOS PRELIMINARES | R\$ 11.958,55 | 1,16% | 80% | 80% | 20% | 100% | | | 100% | | 100% | | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| INFRA-ESTRUTURA | R\$ 36.754,87 | 3,57% | | 0% | 40% | 40% | 60% | 100% | | 100% | | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | |
| SUPERESTRUTURA | R\$ 53.411,89 | 5,19% | | 0% | | 0% | | 15% | 15% | 35% | 50% | 10% | 60% | 30% | 90% | 10% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | |
| LAJES | R\$ 43.521,54 | 4,23% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | 50% | 50% | | 50% | 50% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| ESCADAS | R\$ 6.586,69 | 0,64% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | 80% | 80% | | 80% | 80% | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 100% | | 100% | |
| MURO | R\$ 20.314,03 | 1,97% | 40% | 40% | 40% | 80% | | | 80% | | 80% | | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 20% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | |
| PISCINA | R\$ 29.206,50 | 2,84% | | 0% | | 0% | | 0% | 30% | 30% | 50% | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 20% | 100% | | 100% | | 100% | | |
| CISTERNA | R\$ 6.974,08 | 0,68% | | 0% | | 0% | | 0% | 30% | 30% | 70% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| ELEVAÇÃO | R\$ 13.368,53 | 1,30% | | 0% | | 0% | 25% | 25% | 25% | 50% | 25% | 75% | 25% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| COBERTURA | R\$ 3.106,00 | 0,30% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | 35% | 35% | 65% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| COBERTURA - TELHAMENTO | R\$ 15.458,20 | 1,50% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | 20% | 20% | 80% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| LAJE IMPERMEABILIZADA | R\$ 6.332,39 | 0,61% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 100% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% |
| INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS | R\$ 27.617,74 | 2,68% | | 0% | | 0% | 20% | 20% | | 20% | | 20% | | 20% | | 20% | 50% | 70% | 30% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| INSTALAÇÕES ELÉTRICAS | R\$ 41.500,00 | 4,03% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | 20% | 20% | | 20% | 20% | 40% | 20% | 60% | 20% | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 80% | | 20% | 100% | | 100% | |
| FORRO | R\$ 15.580,75 | 1,51% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 60% | 60% | 40% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| REVESTIMENTOS DE PAREDE | R\$ 57.685,73 | 5,60% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | 10% | 10% | 20% | 30% | 20% | 50% | 20% | 70% | 10% | 80% | | 80% | | 80% | | 20% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| PISO | R\$ 108.733,27 | 10,56% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 20% | 20% | 20% | 40% | 20% | 60% | 20% | 80% | 20% | 80% | 20% | 100% | | 100% |
| PINTURA | R\$ 8.255,35 | 0,80% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 10% | 10% | 30% | 40% | | 40% | 40% | 80% | 10% | 90% | 10% | 100% | | 100% | | |
| ESQUADRIAS DE MADEIRA | R\$ 19.756,00 | 1,92% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 20% | 20% | | 20% | | 20% | | 20% | | 20% | | 60% | 80% | 20% | 100% | | 100% | | 100% | | 100% | |
| ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO | R\$ 139.820,00 | 13,58% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 10% | 10% | | 10% | | 10% | | 10% | | 10% | | 10% | | 30% | 40% | 60% | 100% | | 100% | | 100% | |
| LOUÇAS | R\$ 42.504,36 | 4,13% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 60% | 60% | 40% | 100% | | 100% | | 100% |
| PAISAGISMO | R\$ 750,00 | 0,07% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | 100% | 100% | |
| OUTROS | R\$ 2.000,00 | 0,19% | | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 0% | | 100% | 100% | | 100% |
| MÃO DE OBRA | R\$ 311.020,10 | 30,20% | 6,7% | 6,7% | 6,7% | 13,3% | 6,7% | 6,7% | 20,0% | 6,7% | 26,7% | 6,7% | 6,7% | 33,3% | 6,7% | 40,0% | 6,7% | 46,7% | 6,7% | 53,3% | 6,7% | 60,0% | 6,7% | 66,7% | 6,7% | 73,3% | 6,7% | 80,0% | 6,7% | 86,7% | 6,7% | 93% | 6,7% | 100% | |
| CUSTO DIRETO | R\$ 1.029.965,68 | ### | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parcela % | | | 3,73% | | 5,21% | | 5,79% | | 5,21% | | 8,74% | | 5,01% | | 8,72% | | 6,88% | | 5,71% | | 4,81% | | 4,38% | | 6,21% | | 9,80% | | 16,02% | | 4,01% | | | | |
| Parcela R\$ | | | R\$ 38.427,13 | | R\$ 53.703,05 | | R\$ 59.665,06 | | R\$ 53.625,14 | | R\$ 90.001,80 | | R\$ 51.637,52 | | R\$ 89.785,72 | | R\$ 68.766,15 | | R\$ 58.769,41 | | R\$ 49.539,16 | | R\$ 44.957,93 | | R\$ 63.922,58 | | R\$ 100.900,41 | | R\$ 164.952,68 | | R\$ 41.311,95 | | | | |
| Acumulado % | | | 3,73% | | 8,94% | | 14,74% | | 19,94% | | 28,68% | | 33,70% | | 42,41% | | 49,09% | | 54,80% | | 59,61% | | 63,97% | | 70,18% | | 79,97% | | 95,99% | | 100,00% | | | | |
| Acumulado R\$ | | | R\$ 38.427,13 | | R\$ 92.130,18 | | R\$ 151.795,24 | | R\$ 205.420,38 | | R\$ 295.422,18 | | R\$ 347.059,69 | | R\$ 436.845,41 | | R\$ 505.611,56 | | R\$ 564.380,97 | | R\$ 613.920,13 | | R\$ 658.878,06 | | R\$ 722.800,64 | | R\$ 823.701,05 | | R\$ 988.653,73 | | R\$ 1.029.965,68 | | | | |
| Administração | R\$ 70.000,00 | 7% | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 | | R\$ 4.666,67 |
| Custo Direto + ADM | R\$ 1.099.965,68 | | R\$ 43.093,79 | | R\$ 58.369,72 | | R\$ 64.331,73 | | R\$ 58.291,81 | | R\$ 94.668,46 | | R\$ 56.304,19 | | R\$ 94.452,39 | | R\$ 73.432,82 | | R\$ 63.436,08 | | R\$ 54.205,83 | | R\$ 49.624,60 | | R\$ 68.589,25 | | R\$ 105.567,07 | | R\$ 169.619,35 | | R\$ 45.978,62 | | | | |
| Acumulado Direto + ADM | | | R\$ 43.093,79 | | R\$ 101.463,51 | | R\$ 165.795,24 | | R\$ 224.087,05 | | R\$ 318.755,51 | | R\$ 375.059,69 | | R\$ 469.512,08 | | R\$ 542.944,90 | | R\$ 606.380,97 | | R\$ 660.586,80 | | R\$ 710.211,40 | | R\$ 778.800,64 | | R\$ 884.367,72 | | R\$ 1.053.987,06 | | R\$ 1.099.965,68 | | | | |

ANEXO B – Layout do canteiro ideal



ANEXO C – Layout do canteiro na fase de infraestrutura



ANEXO D – Layout do canteiro na fase de superestrutura

