

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Francesco Danielli

**ANÁLISe DE UM EMPREENDIMENTO NA CIDADE DE
PORTO ALEGRE-RS COM BASE NA FILOSOFIA *LEAN*
*CONSTRUCTION***

Porto Alegre
Agosto de 2024

FRANCESCO DANIELLI

**ANÁLISE DE UM EMPREENDIMENTO NA CIDADE DE
PORTO ALEGRE-RS COM BASE NA FILOSOFIA *LEAN*
*CONSTRUCTION***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Daniel Tregnago Pagnussat
Coorientadora: Prof.^a Daniela Dietz Viana

Porto Alegre
Agosto de 2024

FRANCESCO DANIELLI

**ANÁLISE DE UM EMPREENDIMENTO NA CIDADE DE
PORTO ALEGRE-RS COM BASE NA FILOSOFIA *LEAN*
*CONSTRUCTION***

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 05 de Agosto de 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)

Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientador

Prof.^a Daniela Dietz Viana (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Coorientadora

Prof.^a Iamara Rossi Bulhões (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Engenheiro Civil Lucas Dillenburg Rosa

Especialista em Gestão de Projetos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico esse trabalho a minha família, namorada e amigos,
os quais sempre estiveram ao meu lado e foram a minha
base para que eu pudesse realizar esse sonho.

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos”.
(Marcel Proust)

RESUMO

A análise de planejamento de obra é um elemento crucial para o sucesso de qualquer empreendimento na construção civil. Ao adotar uma abordagem metódica desde as fases iniciais do projeto, é possível obter resultados significativamente melhores tanto em termos de prazo de entrega quanto de qualidade. Uma análise detalhada do planejamento permite identificar potenciais problemas e desafios antes mesmo de iniciarem a construção, o que possibilita a adoção de medidas preventivas e corretivas adequadas. Isso resulta em uma redução significativa de atrasos e custos adicionais ao longo do processo. Além disso, ao implementar um sistema de planejamento e controle baseado na filosofia *Lean*, as organizações da construção civil podem otimizar ainda mais seus processos. A filosofia *Lean* se concentra na eliminação de desperdícios e na maximização da eficiência em todas as etapas do projeto. Isso significa que cada atividade é cuidadosamente planejada para minimizar o tempo e os recursos necessários, enquanto se mantém um alto padrão de qualidade. Um sistema *Lean* de planejamento e controle de obra permite uma alocação mais eficiente de recursos, uma programação mais precisa e uma gestão mais ágil de mudanças e imprevistos. Ainda, promove uma cultura de melhoria contínua, onde os membros da equipe são incentivados a identificar oportunidades de otimização e implementar soluções inovadoras. Dessa forma, esse trabalho apresenta, através de um estudo de caso, que ao adotar a análise de planejamento e controle de obra, as empresas da construção civil podem não apenas garantir a entrega dentro do prazo e com alta qualidade, mas também melhorar continuamente seus processos e resultados. Essa abordagem, mostra o exemplo de como um plano de ataque bem elaborado pode não apenas beneficiar diretamente o resultado final do empreendimento, mas também fortalece a competitividade da empresa no mercado, aumenta a satisfação do cliente e promove um ambiente de trabalho mais eficiente e colaborativo. O trabalho pôde evidenciar os erros e falhas na análise inicial e, também, os acertos em certas decisões que foram tomadas quando analisadas previamente. Ainda, realizar uma análise final a qual cita os caminhos críticos e atividades que requerem atenção especial.

Palavras-chaves: planejamento, *lean construction*, análise, atividades, prazo, construção civil, caminho crítico, logística, canteiro de obras, controle de dados, controle de obras.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Empreendimento do Estudo de Caso.....	15
Figura 2: Planta Baixa Arquitetônica Pavimento Tipo.....	16
Figura 3: Processo de planejamento dentro do processo produtivo (ROCHA et al., 2004).....	27
Figura 5: Definição de Tarefas conforme Last Planner System (BALLARD, 2000,apud RIGHI 2009).....	34
Figura 6: Sistema Last Planner e seus níveis de planejamento (Adaptado de: BALLARD, 2000,apud RIGHI 2009).....	36
Figura 6: Delineamento da pesquisa (Autor).....	38
Figura 7: Layout Térreo do Empreendimento.....	39
Figura 8: Layout 2 Pavimento do Empreendimento.....	40
Figura 9: Layout 3 Pavimento do Empreendimento.....	40
Figura 10: Layout Pavimento tipo do Empreendimento.....	40
Figura 11: Layout 15 Pavimento do Empreendimento.....	41
Figura 12: Cronograma inicial.....	42
Figura 13: Estrutura EAP da Empresa.....	45
Figura 14: Cronograma Final Macro.....	45
Figura 15: Planejamento executado estrutura.....	48
Figura 16: Planejamento proposto estrutura.....	51
Figura 17 - Planejamento Mão de Obra Bruta executado.....	52
Figura 18: Planejamento de Mão de Obra Bruta proposto.....	54
Figura 19: Planejamento de Acabamentos executado.....	55
Figura 20: Planejamento de Acabamentos proposto.....	60
Figura 21: Planejamento final executado.....	62
Figura 22: Planejamento final proposto.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Adaptado de Koskela (1994 apud PERETTI et al., 2013).....	19
Quadro 2: Interesse dos operários por treinamentos/especialização (Oliveira,1997).....	22
Quadro 3: Horizontes de planejamento (BERNARDES,2001, apud RIGHI 2009).....	30
Quadro 4: Quantidade de unidades reprovadas na entrega final por atividade (Autor).....	59

LISTA DE ABREVIACÕES

- BIM: Building Information Model
- CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CL: Commitment Level (Nível de Compromisso)
- DSR: Design Science Research
- EPC: Equipamentos de Proteção Coletiva
- EPI: Equipamentos de Proteção Individual
- FMEA: Failure Mode and Effects Analysis
- IGLC: International Group for *Lean Construction* (Grupo Internacional para Construção Enxuta)
- IRR: Índice de Remoção de Restrições
- LBMS: Location Based Management System
- LC: Lean Construction
- LPS®: Last Planner System®
- PCP: Planejamento e Controle da Produção
- PMP: Planejamento de Médio Prazo
- PPC: Percentual do Planejamento Cumprido
- PSW: Percentage of Safe Work Packages (Porcentagem de Pacotes de Trabalhos Realizados com Segurança)
- RSL: Revisão Sistemática da Literatura
- SciELO: Scientific Electronic Library Online
- SGQ: Sistema de Gestão da Qualidade
- StArt: State of the Art through Systematic Review
- TA: Tasks Anticipated (Tarefas Antecipadas)
- TMR: Tasks Made Ready (Tarefas Preparadas)
- CPM: (critical path method - método do caminho crítico)
- MDP: Método do diagrama de precedência Precedence Diagramming Method (PDM)
- STP: Sistema Toyota de Produção
- EAP: Estrutura Analítica de Projeto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. DELIMITAÇÃO	13
1.1.1. QUESTÃO DE PESQUISA	13
1.2. OBJETIVO PRINCIPAL	13
1.3. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	13
1.4. ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Lean Construction	16
2.1.1. Origem	16
2.1.2. Princípios Lean Construction	18
2.1.3. Aplicação na construção civil	20
2.1.4. Ferramentas Lean	21
2.1.4.1. Just In Time (JIT)	22
2.1.4.2. Kanban	22
2.1.4.3. Tempo de Ciclo (TIC)	23
2.1.4.4. Ciclo PDCA	24
2.1.4.5. Balanceamento da Produção	24
2.1.4.6. Os 5 Sensos (5S)	25
2.1.4.7. Diagrama de Causa e Efeito	26
2.2. Planejamento e Controle de Produção	26
2.2.1. Níveis de Planejamento	28
2.2.1.1. Planejamento de Longo Prazo	29
2.2.1.2. Planejamento de Médio Prazo	30
2.2.1.3. Planejamento de Curto Prazo	31
2.2.1.4. Diagrama de precedências	32
2.2.2. Controle da Produção	32
2.2.2.1. Last Planner System	33
3. MÉTODO DE PESQUISA	36
4. RESULTADOS	41
4.1. CRIAÇÃO DO PLANEJAMENTO	42
4.2. PLANEJAMENTO	45
4.2.1. FASE DE ESTRUTURA	46
4.2.1.1. PLANEJAMENTO DE ESTRUTURA EXECUTADA	46
4.2.1.2. PLANEJAMENTO DE ESTRUTURA PROPOSTO	48
4.2.2. FASE MÃO DE OBRA BRUTA	51
4.2.2.1. PLANEJAMENTO DE MÃO DE OBRA BRUTA EXECUTADA	51
4.2.2.2. PLANEJAMENTO DE MÃO DE OBRA BRUTA PROPOSTO	53
4.2.3. FASE DE ACABAMENTOS	54
4.2.3.1. PLANEJAMENTO DE ACABAMENTOS EXECUTADO	55
4.2.3.2. PLANEJAMENTO DE ACABAMENTOS PROPOSTO	56
5. CONCLUSÃO	60

1. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a indústria da construção civil operou sem considerar aspectos essenciais como planejamento, controle e eficiência no uso de recursos, resultando em altos índices de desperdício e custos elevados. Esta abordagem pouco racional não apenas resultou em perdas significativas, mas também levou a uma transferência dos custos para os clientes. Ademais, a falta de preocupação com a produtividade e qualidade do produto final foi uma constante. Segundo Lorenzon (2008), a baixa produtividade e o desperdício têm sido características históricas na Construção Civil, e a atual escassez de recursos impõe às empresas a necessidade de promoverem mudanças para garantir sua sobrevivência.

Devido à necessidade de aumentar a eficiência e alcançar níveis mais elevados de gestão produtiva, o finlandês Koskela, em 1992, realizou estudos que levaram ao desenvolvimento do modelo de gestão da produção na construção civil conhecido como *Lean Construction*, traduzido para o português como Construção Enxuta. Esse modelo de gestão deriva da Produção Enxuta (*Lean Production*). Os trabalhos de Koskela marcaram um ponto de virada na adaptação do sistema para a Construção Civil. Desde então, tem havido uma série de esforços direcionados à melhoria e inovação na produção, desde a concepção dos projetos até sua execução. De acordo com Isatto et al. (2000), vários estudos realizados no Brasil e no exterior apontam que a maioria dos problemas que resultam em baixa eficiência e qualidade na construção civil têm origem em questões gerenciais. Assim, o planejamento eficaz das atividades de produção emerge como o principal diferencial da competitividade.

O objetivo da Construção Enxuta reside na eliminação de elementos que não agregam valor, resultando na redução de custos e na maximização dos lucros. Na indústria da Construção Civil, muitas atividades são identificadas como não produtivas, ocasionando perdas disfarçadas em movimentos e transporte desnecessários, retrabalhos e outros desperdícios. Esses problemas têm sua origem desde projetos mal elaborados até o planejamento executivo desenvolvido com base em princípios obsoletos, além da predominância de ações individuais no canteiro, em vez de um trabalho conjunto coordenado. Muitas vezes, a gerência opera sob a premissa de que pequenos ganhos individuais se traduzirão em um ganho geral significativo (SARCINELLI, 2008).

Conforme Isatto et al. (2000), há uma crescente adoção do pensamento *Lean* na indústria da construção. Inicialmente liderado pelo meio acadêmico, esse movimento tem conquistado o interesse de empresas, algumas das quais já o implementaram, enquanto outras planejam adotar os princípios *Lean*. Essa tendência visa atender à demanda por desempenho e qualidade na construção.

O propósito deste estudo é identificar os desafios enfrentados em um ambiente de construção e propor medidas para implementar a filosofia *Lean*. Segundo Formoso (2002), instiga os profissionais da Construção Civil a abandonarem seus métodos tradicionais de gestão e a adotarem as técnicas e ferramentas eficazes do Sistema Toyota de Produção. A maioria das pesquisas sobre a implementação do *Lean*, conforme Johansen e Walter (2007, apud WIGINESCKI, 2009), evidencia o potencial de melhorias através do processo de aprendizado.

A implantação da construção enxuta parece exigir uma mudança nas tradições e comportamentos estabelecidos. Dado o amplo escopo do pensamento *lean* e a complexidade diversificada do setor de construção civil, há um vasto potencial para sua aplicação. Além disso, é possível observar que existem várias oportunidades ainda não exploradas nesse contexto (PICCHI, 2003).

1.1.DELIMITAÇÃO

A delimitação desta pesquisa concentra-se na análise de uma obra específica realizada entre os anos de 2020 e 2022. As informações foram coletadas a partir de documentos fornecidos pela empresa responsável pela execução do projeto. Assim, podendo identificar lacunas no planejamento e explorar possíveis oportunidades de melhoria, utilizando a metodologia *Lean* como abordagem para implementação de ações alternativas.

1.1.1. QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa é: Quais as oportunidades de melhoria do empreendimento, a partir da análise de um empreendimento específico, com base nos conceitos de *Lean Construction*?

1.2.OBJETIVO PRINCIPAL

O principal objetivo deste trabalho é realizar uma análise do processo produtivo de um empreendimento, identificando áreas de ineficiência e oportunidades de aprimoramento, com base nos princípios fundamentais da *Lean Construction*.

1.3.OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Os objetivos secundários incluem:

- a) Propor, após o diagnóstico, ações alinhadas aos princípios da *Lean Construction* para efetivar o sistema de produção da edificação. Além disso, apresentar técnicas e ferramentas práticas complementares já existentes que possam assegurar a eficiência na implantação do sistema enxuto;
- b) Demonstrar os resultados e aprendizados obtidos com a aplicação do sistema enxuto em um planejamento na construção civil.

1.4. ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO

Neste trabalho, por uma questão de confidencialidade, a empresa objeto do estudo é referenciada como “Construtora”. A Construtora atua no mercado da construção civil, na região de Porto Alegre – Rio Grande do Sul, executando edifícios multifamiliares de médio e alto padrão. Foi fundada em 1970, a empresa possui 200 torres entregues, totalizando mais de 1 milhão de m² construídos. O empreendimento escolhido é localizado na cidade de Porto

Alegre, Rio Grande do Sul. A obra entregue em 2023 possui 20 pavimentos, 204 unidades privativas entre o 3º e o 19º pavimento, sendo 17 unidades por andar e 45 vagas de estacionamento. O empreendimento tem objetivo de atender as altas demandas por lofts e studios para locação nas melhores localizações da capital do estado. Por esse motivo, o empreendimento se faz a escolha certa para aplicação da análise de planejamento com base na filosofia *Lean Construction*, visto que a concepção da produção tem semelhanças com os princípios *Lean*. Abaixo destaca-se a imagem do empreendimento figura 1 e, também, a planta baixa dos pavimentos tipo figura 2.



Figura 1: Empreendimento do Estudo de Caso

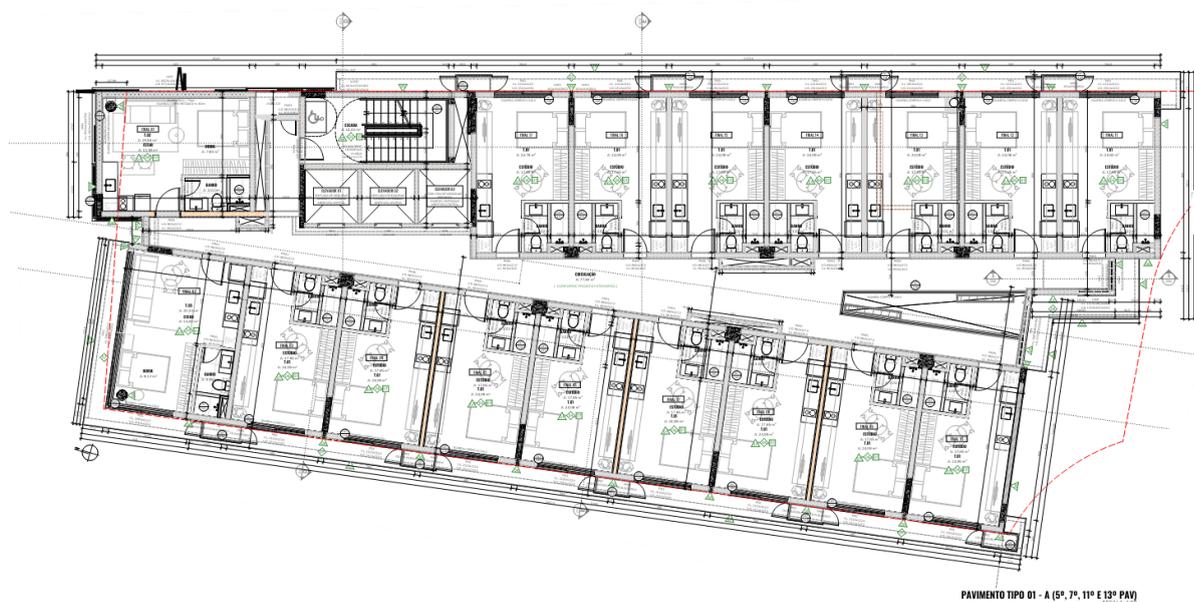


Figura 2: Planta Baixa Arquitetônica Pavimento Tipo

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo, são apresentadas definições fundamentais para proporcionar uma compreensão abrangente das análises subsequentes. Estas definições constituem a base conceitual necessária para a contextualização e aprofundamento dos temas abordados ao longo deste trabalho, possibilitando uma visão mais clara e precisa das discussões que serão desenvolvidas.

2.1. *Lean Construction*

2.1.1. Origem

A Construção Enxuta teve seu início na percepção da aplicabilidade dos conceitos desenvolvidos na indústria automobilística para o ambiente da Construção Civil (BALLARD; HOWELL, 1998 apud PERETTI et al., 2013).

Atualmente, várias iniciativas têm surgido com o objetivo de entender a construção e seus problemas, visando desenvolver soluções e melhorar os processos. Segundo Deschamps

(2015), a *Lean Construction* é uma filosofia que surgiu com a visão de aumentar a produtividade e diminuir os custos.

Segundo Venturini (2015), o sistema de gestão *Lean Construction*, desenvolvido a partir do Sistema Toyota de Produção (STP) nos anos 50 no Japão, ganhou notoriedade nos anos 70 por manter altos padrões de produção durante uma crise econômica. Seu objetivo é eliminar desperdícios, reduzir custos de produção e aumentar a qualidade do produto final. De acordo com Howel (1999), *Lean Construction* é uma abordagem de gestão da produção na construção civil, focada em atender as necessidades do cliente com a máxima economia.

Na década de 80, foram introduzidas técnicas e ferramentas de gestão na construção civil para eliminar o desperdício no processo produtivo, considerado a principal causa de ineficiência. No entanto, desperdício era visto como sinônimo de entulho, e que uma obra sem entulho era considerada eficiente. Segundo Isatto et al. (2000), essa visão limitada dos desperdícios, baseada no paradigma de transformação ou conversão, fez com que as tentativas de reduzi-los não fossem bem-sucedidas.

Nos anos 90, surgiram os primeiros trabalhos sobre a utilização da filosofia *Lean* na construção civil. Um marco importante foi a obra do pesquisador finlandês Lauri Koskela, que publicou "Application of the New Production Philosophy in Construction" em 1992 pelo CIFE (Integrated Facility Engineering) da Universidade de Stanford (EUA). Após essa publicação, foi criado o *International Group for Lean Construction* (IGLC), com a estratégia de disseminar o novo paradigma na construção civil em vários países.

De acordo com Formoso (2002), no relatório, Koskela (1992) desafia os profissionais da construção civil a romper com seus paradigmas de gestão e a adotar as técnicas e ferramentas eficazes do STP. Segundo Koskela (1992), o pensamento *Lean Construction* trouxe para a construção civil uma importante mudança conceitual ao introduzir um novo entendimento dos

processos produtivos, focando na forma como os processos e operações são definidos. No quadro 1 abaixo estão destacadas as principais diferenças entre a produção convencional e a nova filosofia de produção.

	Filosofia convencional de produção	Nova filosofia de produção
Conceito de produção	Produção constituída de conversão, todas as atividades agregam valor	Produção constituída de conversão e fluxo. Existem atividades que agregam valor e atividades que não agregam valor.
Foco de controle	Custo da atividade	Custo, tempo e valor dos fluxos
Foco de melhoria	Aumento da eficiência pela implementação de novas tecnologias	Eliminação ou diminuição de atividades que não agregam valor, aumento da eficiência de atividades que agregam valor de melhoria contínua e novas tecnologias.

Quadro 1: Adaptado de Koskela (1994 apud PERETTI et al., 2013).

Também é importante destacar a chegada da *Lean Construction* no Brasil. De acordo com Moura (2015, p. 33):

A Lean Construction chega ao Brasil em 1996, através dos professores Formoso e Heineck do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE). Eles promoveram a primeira reunião do IGLC em 1998, no Guarujá/SP, repetindo o evento nos anos de 2002, em Gramado/RS, e 2013, em Fortaleza/CE.

2.1.2. Princípios *Lean Construction*

Howell e Ballard (1998) mencionam que muitas pessoas inicialmente se opõem ao modelo da Construção Enxuta, pois parece ser a aplicação de uma técnica de fabricação à construção

civil. Apesar de ser usado principalmente nos processos de produção industriais, o modelo é adequado à construção civil porque permite que seja vista de uma nova perspectiva.

A metodologia *Lean Construction* está baseada no STP, cujas principais características, originárias da indústria de manufatura japonesa, são adaptadas para o setor da construção civil e aplicadas ao contexto do canteiro de obras. Em seu estudo, Koskela (1992) define onze princípios, que podem ser aplicados de maneira eficaz na indústria da construção civil. São eles:

- a) Reduzir as atividades que não agregam valor;
- b) Aumentar o valor do produto;
- c) Reduzir as variabilidades do processo construtivo;
- d) Reduzir tempo de ciclo de produção;
- e) Simplificar através da redução de passos;
- f) Aumentar a flexibilidade na entrega do produto;
- g) Aumentar a transparência do processo;
- h) Garantir o controle do processo global;
- i) Melhoria contínua do processo;
- k) Equilíbrio entre melhorias;
- l) Manter boas referências (*Benchmarking*).

2.1.3. Aplicação na construção civil

Conforme Lorenzon (2008), a baixa produtividade e o desperdício na Construção Civil são problemas históricos, e a atual escassez de recursos força as empresas a adotarem mudanças para se manterem no mercado. O setor da construção civil enfrenta dificuldades na produção causadas por desperdício elevado, baixa produtividade, falta de coordenação e custos elevados (PEREIRA et al., 2015) impactando diretamente na economia e, para isso, a filosofia de gestão que conquistou espaço nas organizações do setor da construção civil, o *Lean Construction* vem sendo amplamente aplicada para atender a demanda de melhor desempenho e qualidade. Conforme Marhani et al. (2013), a filosofia de gestão Lean Construction é altamente eficaz e pode ser implementada no processo de construção para atingir os objetivos do projeto, reduzindo desperdícios.

A indústria da construção civil se distingue das demais indústrias de manufatura pela sua forma de produção. Sua estrutura de produção é móvel, deslocada para o local da obra, onde a mão de obra se movimenta em torno do produto, ao contrário da maioria das indústrias, onde o produto se movimenta ao longo do fluxo de produção

A construção civil é heterogênea, abrangendo desde microempresas até grandes corporações. É um setor complexo que envolve fornecedores de materiais, profissionais de projeto, prestadores de serviços, órgãos públicos, entre outros. Para que tudo funcione bem, é essencial uma gestão eficiente de projetos, compra de materiais, organização e comunicação.

A desqualificação dos operários da construção civil resulta em baixa produtividade e problemas futuros de qualidade. Segundo Oliveira (1997), embora se acredite que os operários não se interessam por cursos de aperfeiçoamento, a pesquisa, indicada no quadro 2, mostrou que a dificuldade está em frequentar aulas após o trabalho. Se os cursos fossem oferecidos no canteiro de obras durante o expediente, os resultados beneficiariam a empresa

Se lhe fosse oferecido cursos de treinamento / especialização, você:	ABSOLUTO	RELATIVO
Não faria o curso	10	20%
Faria se o curso fosse oferecido durante o horário de trabalho	9	18%
Faria, mesmo que fosse fora do horário de trabalho	31	62%
TOTAL	50	100%

Quadro 2: Interesse dos operários por treinamentos/especialização (Oliveira,1997).

Estudos sobre a implantação do *lean*, segundo Johansen e Walter (2007, apud WIGINESCKI, 2009), mostram melhorias por meio da aprendizagem. No entanto, a mudança de tradições e comportamentos é essencial para a construção enxuta. O *lean thinking* é amplo, e o setor de construção é complexo e diversificado, oferecendo grande potencial e muitas oportunidades ainda não exploradas (PICCHI, 2003).

As perdas, de acordo com Ohno (1997), são separadas em sete categorias diferentes: Estoque, transporte, superprodução, defeito, espera, movimentação e processamento. Também, existem as perdas como *making-do*, trabalho em progresso (work in progress - WIP) e falta de terminalidade que têm sido identificadas como as principais perdas na construção civil atualmente (Fireman;Formoso;Isatto,2013). De acordo com Koskela (2004, apud Fireman, Formoso e Isatto 2013), o conceito de *making-do* refere-se a um tipo de perda que ocorre quando uma tarefa é iniciada sem que todos os recursos, ou poucos recursos, necessários para sua execução estejam disponíveis. A presença de WIP pode ser atribuída a interrupções nos fluxos de trabalho, causadas por grandes lotes de produção, alta variabilidade nos processos e falta de sincronização (Bulhões, 2009).

Ronen (1992, apud Bonesi, Vargas, Formoso, Bulhões 2024), ressalta a importância de iniciar a atividade somente quando todos requisitos forem atendidos. Ainda, Ronen, propõe o conceito de kit completo, conjunto de recursos para concluir uma atividade, tais como:

- a) materiais e componentes;
- b) mão de obra;
- c) máquinas e equipamentos;
- d) informações;
- e) tarefas pré-requisito;
- f) espaço e condições externas.

2.1.4. Ferramentas *Lean*

A verdadeira evolução nos processos ocorre quando é possível produzir sem desperdício, e, para isso, as equipes de trabalho precisam fabricar apenas a quantidade necessária. Portanto, é crucial eliminar a capacidade excedente, pois está diretamente ligada aos custos de produção. A eliminação completa dos desperdícios deve aumentar significativamente a eficiência do trabalho (OHNO, 1997).

Conforme Ohno (1997), a eliminação total do desperdício é o princípio fundamental do *Lean*. Para aprofundar os conhecimentos sobre o pensamento enxuto, serão estudadas as principais ferramentas que complementam o uso dessa filosofia na construção civil.

2.1.4.1. Just In Time (JIT)

Um dos conceitos do Just In Time é produzir bens e com qualidade exatamente no momento em que são necessários. Isso evita a formação de estoques devido à produção antecipada e elimina atrasos, garantindo que os prazos de entrega sejam cumpridos e preservando a imagem da empresa.

Just in time significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo pode chegar ao estoque zero. (...) para produzir usando o just in time de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem (OHNO, 1997, p.26).

Utilizar o Just in Time na Gestão da Produção oferece diversos benefícios. No entanto, quando abrange múltiplos processos que demandam uma grande variedade de insumos, sua aplicação se torna mais complexa. Para usar essa ferramenta com sucesso, garantindo que o item necessário esteja disponível no momento e na proporção exata, é essencial empregar métodos de gestão que antecipem falhas na produção (OHNO, 1997).

De maneira geral, o conceito mais utilizado é entregar o produto ao cliente final com o maior valor agregado e o menor consumo de insumos. Para reduzir esses custos, o Just In Time objetiva a diminuição constante do desperdício, pois o desperdício não agrega valor ao produto final, representando apenas um custo adicional para a empresa.

2.1.4.2. Kanban

Segundo Liker (2005), o Kanban é uma das ferramentas mais conhecidas para a aplicação da produção enxuta, tendo como objetivo atuar como um instrumento de gestão visual para controlar estoques e sinalizar a necessidade de produção. Ele possibilita um controle instantâneo, pois é realizado em tempo real dentro do canteiro de obras.

Para alcançar o equilíbrio do Just In Time, que visa a produção com estoque zero, foi estabelecida a produção puxada. Isso significa que o produto é fabricado apenas após ser

solicitado, gerando uma reação inversa ao sistema tradicional, no qual os itens são produzidos e armazenados para atender às demandas. Segundo Arantes (2008), essa é uma ferramenta que possibilita a utilização do Just In Time, permitindo a comunicação entre cliente. Trata-se de um método de "puxar" a produção a partir das solicitações, ou seja, o ritmo de produção é determinado pela circulação de kanbans (etiquetas ou cartões), estabelecido pelo consumo de determinados produtos.

2.1.4.3. Tempo de Ciclo (TIC)

De acordo com Alvarez et al. (2001), o tempo de ciclo no sistema produtivo é determinado pelas condições operacionais da produção. Ao examinar um posto de trabalho, o tempo de ciclo está associado ao tempo unitário de processamento e ao número de trabalhadores.

Segundo Slack et al. (2008), o tempo de ciclo é o tempo total necessário para completar um ciclo de produção ou um processo específico, desde o início até o final. Em outras palavras, o é a duração total que um item leva para passar por todas as etapas. Com uma determinada quantidade de trabalho, quanto maior a capacidade do processo, menor será o seu tempo de ciclo. A capacidade de um processo é frequentemente medida pelo seu tempo de ciclo,

também conhecido como taxa de processamento. Conforme Chiavenato (2004), tempo de ciclo refere-se às etapas seguidas para complementar um processo, como fabricar um carro ou atender um cliente. A quebra de barreiras entre etapas improdutivas permite o sucesso na entrega do produto final. Conceitos como enxuta e Just In Time são baseados na redução no tempo de ciclo.

2.1.4.4. Ciclo PDCA

Ciclo PDCA foi constituído a partir de quatro etapas: planejar (Plan), executar (Do), verificar (Check) e atuar (Action) e trata-se de uma abordagem de gestão cíclica empregada para

monitorar e aprimorar constantemente processos e produtos. O ciclo PDCA pode ser repetido inúmeras vezes, uma vez que é um processo sistemático e se trata de uma melhoria contínua.

O primeiro passo, o planejamento (Plan), baseia-se na coleta e análise de dados do trabalho com o objetivo de melhorar o desempenho. Nesse estágio, são definidas metas de inspeção e as estratégias para alcançá-las.

O segundo passo, a execução (Do), consiste em implementar o plano de ação elaborado na etapa anterior, seguindo exatamente o que foi definido, utilizando colaboradores treinados para essa tarefa.

O terceiro passo, a verificação (Check), envolve a inspeção das alterações realizadas para assegurar que o resultado desejado foi alcançado.

O quarto passo, a atuação (Act), envolve a avaliação dos resultados obtidos. Se houver melhoria na atividade, essa nova abordagem será adotada como o processo padrão. Caso contrário, o ciclo recomeça com novas ideias, aproveitando o aprendizado adquirido da tentativa anterior, mesmo que não tenha sido bem-sucedida.

2.1.4.5. Balanceamento da Produção

Balancear uma linha de produção significa ajustá-la para atender às demandas, otimizando o uso de seus postos de trabalho e buscando padronizar o tempo necessário para executar cada unidade do produto. Uma linha de produção é formada por uma série de postos de trabalho interligados, cada um com uma função específica voltada para a fabricação ou montagem de um produto. DAVIS (2001).

Segundo Liker (2005), a chave para implementar ferramentas enxutas é identificar e eliminar desperdícios. Muitas empresas não conseguem estabilizar o sistema e uniformizar a produção em um fluxo de trabalho enxuto e equilibrado. O principal benefício do balanceamento é estabilizar o fluxo de produção, permitindo atender à demanda dos clientes a longo prazo.

Davis et al, (2001) afirma que existem seis passos de balanceamento de linhas de produção para que ela seja implantada com êxito:

1. Especificar a relação sequencial entre as tarefas, utilizando um diagrama de precedência;
2. Determinar o tempo de ciclo necessário;
3. Determinar o número mínimo teórico de estações de trabalho;
4. Selecionar uma regra básica na qual as tarefas têm de ser alocadas às estações de trabalho e uma regra secundária para desempatar;
5. Delegar tarefas, uma de cada vez, à primeira estação, até que a soma dos tempos seja igual ao tempo de ciclo. Repetir o processo nas estações seguintes;
6. Avaliar a eficiência da linha.

2.1.4.6. Os 5 Sensos (5S)

Um dos mecanismos mais visíveis e importantes do *Lean* é o 5S, cujo principal objetivo é organizar os postos de trabalho para aumentar a produtividade e reduzir desperdícios. Essa ferramenta visa ajudar as pessoas a criar ambientes ideais para suas atividades, promovendo mudanças de atitudes nos locais de trabalho e garantindo sua manutenção contínua. ISHIKAWA (1993).

Segundo Ishikawa (1993), o nome 5S origina-se de cinco palavras japonesas que orientam o programa através de cinco princípios: Senso de Utilização (Seiri), Senso de Ordenação (Seiton), Senso de Limpeza (Seisou), Senso de Saúde (Seiketsu) e Senso de Autodisciplina (Shitsuke).

2.1.4.7. Diagrama de Causa e Efeito

De acordo com Ishikawa (1993), o Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta simples amplamente utilizada no controle de qualidade. Ele permite identificar e analisar as possíveis causas de variações no processo ou a ocorrência de um evento, além de mostrar como essas causas interagem entre si.

Segundo Campos (2004), o Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe devido ao seu formato, foi criado por Kaoru Ishikawa para mostrar a engenheiros da indústria japonesa como os diversos fatores de um processo estão inter relacionados. Essa ferramenta ajuda a identificar a causa raiz de um problema e é utilizada para resumir e apresentar essas causas, permitindo a determinação de medidas corretivas a serem tomadas.

2.2. Planejamento e Controle de Produção

Planejamento e controle de produção de obras são processos cruciais na gestão de projetos de construção civil. O planejamento detalha todas as atividades necessárias para a conclusão de uma obra, organizando-as em uma sequência lógica com prazos definidos e recursos alocados. O controle de produção, por outro lado, foca no monitoramento do progresso da obra, fazendo ajustes conforme necessário para assegurar que os objetivos sejam alcançados dentro do tempo e orçamento estipulados. Conforme Isatto et al. (2000) apontam na metodologia *Lean Construction*, esses processos são vitais para reduzir desperdícios e aumentar a eficiência em projetos de construção.

De acordo com Formoso et al. (1999), o planejamento é descrito como um processo decisório que inclui a definição de objetivos e os procedimentos requeridos para alcançá-los, sendo considerado eficaz quando acompanhado de controle adequado. Rocha et al. (2004) acrescentam que o planejamento é o processo que não só inicia mas também gerencia a execução, sendo alimentado pelo processo de controle, como ilustrado na figura 3.

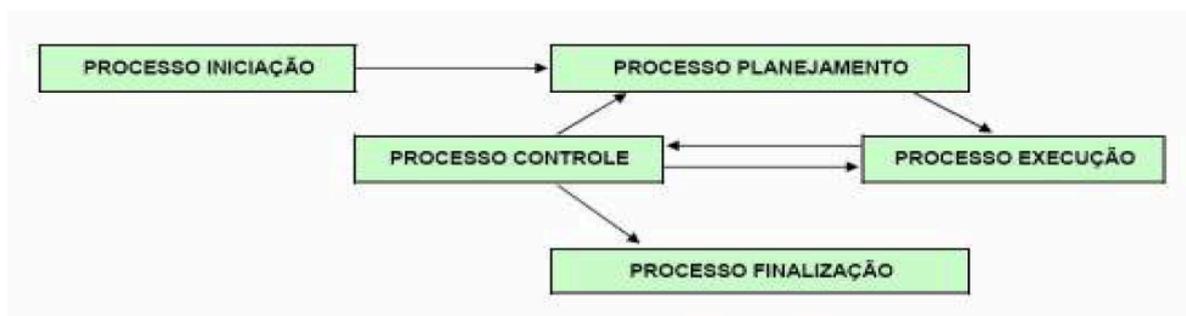


Figura 3: Processo de planejamento dentro do processo produtivo (ROCHA et al., 2004)

O planejamento e controle são essenciais por várias razões, conforme destacado por Laufer (1990, citado por Bernardes, 2001):

- a) Eles permitem uma melhor compreensão dos objetivos do projeto;
- b) Definem todas as tarefas necessárias, permitindo que os envolvidos identifiquem e planejem suas respectivas contribuições;
- c) Auxiliam nos processos de orçamento e cronograma;
- d) Aumentam a eficiência da produção por meio da análise e consideração dos processos;
- e) Estabelecem padrões para o monitoramento, revisão e controle da execução do projeto.

Laufer e Tucker (1987) observam que, embora as responsabilidades possam diferir conforme a filosofia da organização, o planejamento é um componente fundamental de suas funções. Entre os principais objetivos do planejamento, destacam-se a execução, coordenação, controle e previsão.

Formoso et al. (1999) argumentam que, dada a complexidade e a variabilidade inerentes aos empreendimentos de construção, é crucial segmentar o Planejamento e Controle da Produção (PCP) em diversos níveis hierárquicos. Além disso, a revisão de diferentes autores apoia a necessidade dessa estratificação do processo de planejamento. O takt time tem sido fortemente relacionado ao planejamento e controle e pode ser definido como uma abordagem de PCP que torna explícito os fluxos de produtos e de trabalho, levando em consideração a disponibilidade e limitações de espaço (Ballard; Tommelein, 2021)

Estudos recentes, no entanto, têm proposto o uso de uma gama mais ampla de recursos, conhecidos como *slack* (Formoso et al., 2021). O conceito de *slack* refere-se a um conjunto de recursos disponíveis ou potencialmente utilizáveis, que podem ser mobilizados em momentos de necessidade, permitindo que a organização se adapte às pressões internas ou externas (Bourgeois, 1981).

2.2.1. Níveis de Planejamento

Segundo Formoso et al. (1999), devido à complexidade inerente aos projetos de construção e à variabilidade dos seus processos, é crucial segmentar o Planejamento e Controle da Produção (PCP) em diversos níveis hierárquicos. Coelho (2003) explora a perspectiva de diversos autores sobre a importância de estratificar o processo de planejamento em diferentes níveis hierárquicos. Segundo a análise, enfatiza-se que essa segmentação é essencial para atingir os objetivos propostos pelo planejamento.

A hierarquização do planejamento envolve vincular as metas de produção a prazos de longo, médio e curto prazo. Cada período requer um nível de detalhe específico nas informações. Se forem muito detalhadas para o prazo em questão, isso pode confundir o tomador de decisão e demandar tempo excessivo para análise (FORMOSO et al., 1999).

Os horizontes de planejamento derivam de avaliações relacionadas ao nível gerencial alvo e ao tempo necessário para a aquisição econômica dos recursos, garantindo sua disponibilidade na obra e a continuidade da produção. Portanto, a definição desses horizontes depende dos objetivos prioritários de cada plano (ROCHA et al., 2004).

Para mitigar a incerteza no ambiente produtivo, é útil detalhar mais as metas à medida que a data de execução se aproxima (LAUFER; TUCKER, 1987). O quadro 3 apresenta os horizontes de planejamento e seus respectivos objetivos.

PLANO	HORIZONTE	OBJETIVOS PRIORITÁRIOS
Longo Prazo	toda a obra	<ul style="list-style-type: none"> - representar o negócio - gerar fluxo de caixa - programar aquisição de materiais de classe 1 - orientar plano de médio prazo
Médio Prazo	poucos meses ou semanas	<ul style="list-style-type: none"> - programar aquisição de materiais de classe 2 e 3, equipamento e mão de obra - disponibilizar recursos - remover restrições - programar tarefas para plano de curto prazo
Curto Prazo	1 dia ou 1 semana	<ul style="list-style-type: none"> - alocar recursos - executar tarefas

Quadro 3: Horizontes de planejamento (BERNARDES,2001, apud RIGHI 2009)

2.2.1.1. Planejamento de Longo Prazo

O planejamento para longos períodos de execução geralmente apresenta menos detalhes devido às incertezas do ambiente. Laufer e Tucker (1987) referem-se a esse tipo de planejamento como Plano Mestre, o qual visa estabelecer o escopo e as metas do projeto em termos de qualidade, custo e tempo, refletindo as diretrizes estratégicas e objetivos da empresa.

Conforme Ballard (2000), esse planejamento abrange todo o trabalho a ser realizado, através de metas gerais, e é direcionado à alta gerência para mantê-la informada sobre as atividades em andamento no projeto. É raro que construtores comecem um projeto sem preparar esse plano, mesmo que de maneira informal. Este plano também é frequentemente empregado como base para efetivação de contratos, projeção de receitas e negociações com fornecedores

Segundo Ballard (1997), muitos gerentes recorrem ao Planejamento de Longo Prazo para prever e organizar atividades desde o início até o término do projeto. Esta programação visa não apenas a coordenação geral, mas também a previsão dos fluxos de caixa. Contudo, devido à falta de informações precisas sobre as durações reais das atividades no começo do projeto, o planejamento não pode ser excessivamente detalhado.

O Planejamento de Longo Prazo pode ser implementado utilizando diversas técnicas de planejamento e programação, como o gráfico de Gantt, rede de precedência e linha de balanço

(LAUFER e TUCKER, 1987). Nas empresas que realizam esse planejamento e controle de forma formalizada, o Planejamento de Longo Prazo é frequentemente conduzido através de pacotes computacionais disponíveis no mercado.

2.2.1.2. Planejamento de Médio Prazo

O planejamento de médio prazo, também conhecido como *Lookahead Planning*, tende a ser flexível. Ele é fundamental para aumentar a eficácia do plano de curto prazo e, conseqüentemente, contribui para a diminuição dos custos e durações das atividades (BALLARD, 1997).

Esse planejamento é projetado para permitir que se identifique e selecione, a partir do plano de longo prazo, os trabalhos que serão realizados nas semanas subsequentes. Após a definição das atividades que serão executadas, o gerente deve tomar as providências necessárias para assegurar que essas atividades sejam efetivamente realizadas, ou proceder à reprogramação daquelas que ainda não estão prontas para execução (BALLARD, 1997).

Esse horizonte garante que as atividades estejam aptas a serem realizadas no curto prazo, contribuindo assim para a otimização do PPC e para a redução de custos ao prevenir problemas que afetam negativamente a produtividade. Isso facilita o alcance das atividades de acordo com os objetivos definidos para o projeto (BALLARD, 1997).

Aqui são identificadas as atividades que precisam ser realizadas e os respectivos prazos, bem como são reconhecidas as restrições que bloqueiam a execução. Também são estabelecidas as soluções para essas restrições, garantindo o cumprimento dos prazos do projeto (BALLARD; TOMMELEIN, 2016). O plano de médio prazo engloba um processo de planejamento colaborativo e, caso as restrições não sejam eliminadas, a tarefa será reagendada para uma data futura (BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

Ballard (1997) destaca outros objetivos relacionados a este nível de planejamento:

- a) Modelar o fluxo de trabalho na sequência mais eficiente possível para facilitar o alcance dos objetivos do projeto;
- b) Facilitar a identificação da carga de trabalho e dos recursos necessários para atender ao fluxo de trabalho estabelecido;

- c) Permitir que trabalhos independentes sejam agrupados, possibilitando que o método de trabalho seja planejado de forma conjunta;
- d) Auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas conjuntamente por diferentes equipes de produção;
- e) Identificar um estoque de pacotes de trabalho que não poderão ser executados caso ocorram problemas com os pacotes designados às equipes de produção.

De acordo com Ballard e Howell (1997), neste nível de planejamento, o objetivo é minimizar os impactos causados pelas variações dos fluxos de entrada, que são geralmente causadas por falhas na entrega dos materiais, deficiências do fluxo de caixa ou mudanças de projeto. Eles indicam que antes de as empresas reconhecerem que o planejamento é um processo eficaz para reduzir esses impactos, elas tendem a priorizar o uso excessivo de recursos, tais como mão de obra, materiais, equipamentos e tempo, de forma a lidar com as incertezas

2.2.1.3. Planejamento de Curto Prazo

As decisões de curto prazo sobre o fluxo de trabalho são importantes, de acordo com Ballard e Howell (1997). Essas decisões determinam as mudanças necessárias nas sequências da equipe com base no progresso das tarefas anteriores e na disponibilidade de recursos, como mão de obra, materiais e equipamentos.

O planejamento de curto prazo geralmente é feito em ciclos semanais. Nesses ciclos, recursos físicos são reservados para atividades de médio prazo e as atividades maiores são divididas em lotes menores. O planejamento pode ser ajustado para ser executado todos os dias em projetos que exigem execução rápida ou processos produtivos incertos (FORMOSO et al., 1999).

As informações necessárias para a elaboração do plano de curto prazo originam-se tanto dos planos de curto prazo já executados quanto dos planos de médio e longo prazo. É essencial que os planos de curto prazo e as avaliações do processo de planejamento sejam amplamente divulgados por toda a obra (FORMOSO et al., 1999).

2.2.2. Controle da Produção

O controle de produção na construção civil é o processo sistemático de planejamento, monitoramento e ajuste das atividades de construção para garantir que elas sejam realizadas de acordo com os cronogramas estabelecidos, dentro do orçamento alocado e em conformidade com os padrões de qualidade especificados. Este processo visa otimizar a eficiência operacional, minimizar desperdícios e garantir a utilização eficaz dos recursos disponíveis. Ferramentas como a Linha de Balanço (LOB) e princípios de *Lean Construction* são frequentemente empregados para aprimorar a coordenação das tarefas e melhorar o fluxo de trabalho. O controle de produção é fundamental para identificar e resolver rapidamente desvios ou interrupções, mantendo o projeto na trajetória planejada e facilitando a entrega dentro dos prazos previstos.

2.2.2.1. *Last Planner System*

O Sistema *Last Planner* foi criado nos Estados Unidos nos anos 1990 pelo *Lean Construction Institute*, especialmente por Glenn Ballard e Greg Howell (BALLARD, 2000). Peneirol (2007) afirma que a ferramenta foi desenvolvida para controlar a produção nos canteiros de construção. Ela se tornou a mais popular das ferramentas baseadas nos princípios do *Lean Construction*, devido aos seus resultados de sucesso

Ballard (2000) destaca que a falta de controle proativo nas unidades de produção eleva a incerteza e limita a capacidade dos trabalhadores de usar o planejamento como uma ferramenta para definir o futuro do projeto. Ballard e Howell (1997) afirmam que a qualidade das tarefas atribuídas às equipes é fundamental para o controle da produção e influencia diretamente a produtividade. Portanto, é essencial focar no controle do fluxo de trabalho dos trabalhadores. O sistema de controle da produção *Last Planner*, desenvolvido por Ballard (2000), visa facilitar a adoção dessas etapas.

Conforme Ballard (2000), o *Last Planner* visa melhorar a confiabilidade no processo de produção, garantindo a conclusão do trabalho no tempo planejado. Esse sistema transforma o

que deve ser feito no que pode ser feito, garantindo uma boa quantidade de tarefas prontas para execução no plano semanal. Isso é possível através do foco na identificação e no planejamento de tarefas necessárias para evitar obstáculos que impeçam o trabalho de ser realizado conforme planejado

Segundo Ballard (2000), os produtos de planejamento no nível da unidade de produção também se relacionam com o restante da organização. Eles determinam o que será feito, garantindo que o planejamento reflete adequadamente o que deveria ser feito dentro das limitações do que pode ser realizado. A figura 5 representa esse processo.

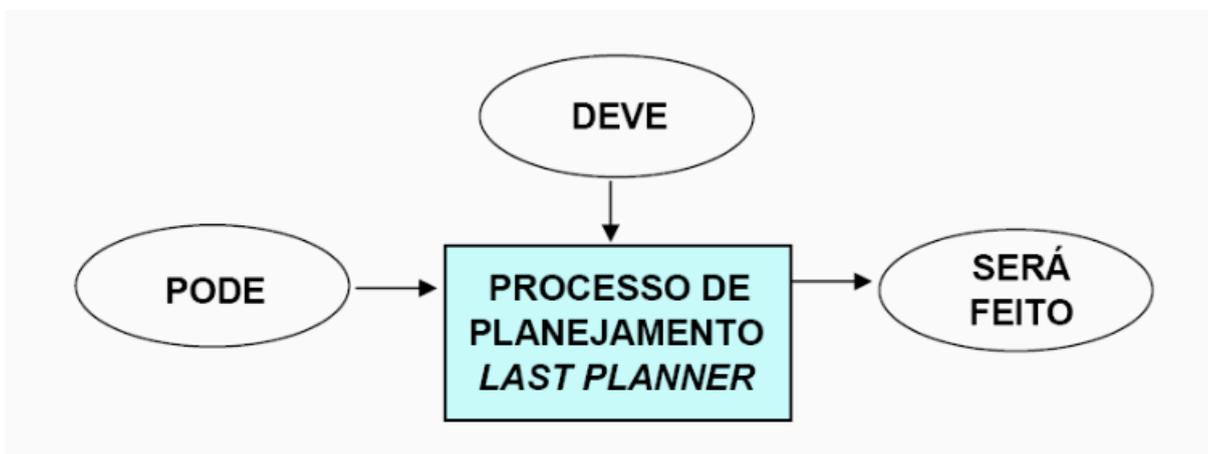


Figura 5: Definição de Tarefas conforme Last Planner System (BALLARD, 2000,apud RIGHI 2009)

Para Ballard (2000), para obter sucesso em um sistema de planejamento no nível da unidade de produção é essencial assegurar a sua qualidade na elaboração, ou seja, a qualidade dos planos produzidos pelo *Last Planner*. As características críticas para uma tarefa de qualidade são:

- a) Definição clara;
- b) Sequência correta de trabalho;

- c) Quantidade adequada de trabalho;
- d) Condições sólidas que permitam a execução do trabalho.

Ainda, Ballard (2000) explica que definição clara significa que a tarefa é descrita de forma clara e precisa, permitindo que seja rapidamente executada e finalizada. A sequência correta de trabalho refere-se à ordem que segue a lógica interna do projeto, os compromissos e as estratégias de execução. A quantidade adequada de trabalho é a quantidade que os planejadores acreditam ser possível para suas equipes, após revisar orçamentos e o escopo do trabalho. Condições sólidas indica que todos os pré-requisitos estão completos e os recursos necessários estão disponíveis.

Ballard (2000) afirma que o sistema possui duas funções principais: controlar a unidade de produção e o fluxo de trabalho, o que ocorre nos planos de curto e médio prazo. De acordo com Soares (2003), o sistema segue as diretrizes de planejamento hierarquizado estabelecidas por Laufer e Tucker (1997). A figura 6 ilustra como o *Last Planner* se integra aos planos de curto, médio e longo prazo (BALLARD, 2000).

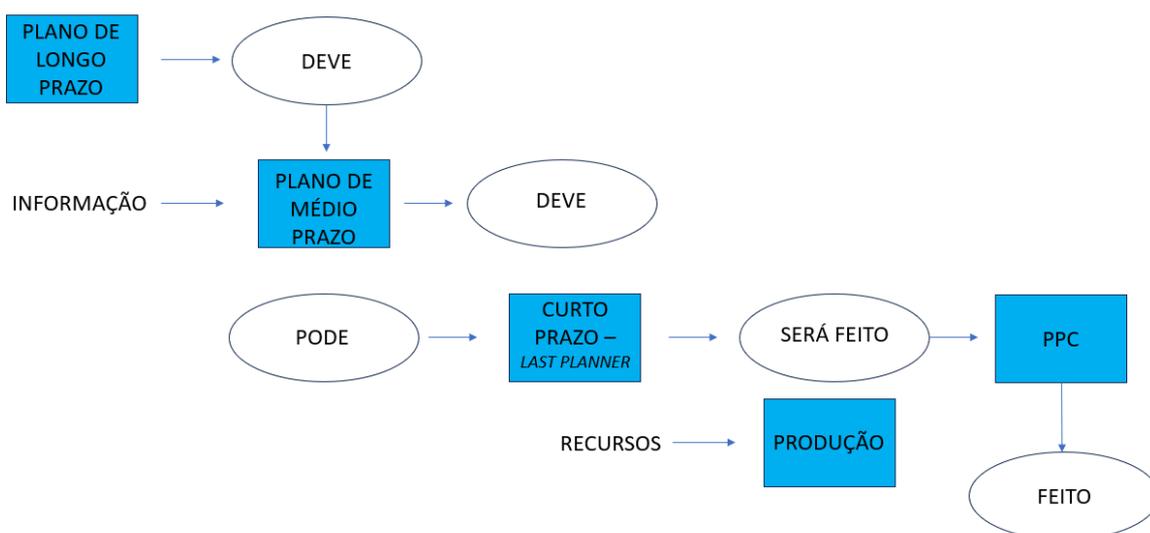


Figura 6: Sistema *Last Planner* e seus níveis de planejamento (Adaptado de: BALLARD, 2000, apud RIGHI 2009).

O sistema *Last Planner* tem sido adotado em diversos países, incluindo o Brasil, em alguns casos sua implementação gerou resultados positivos. A partir de várias experiências de aplicação do sistema, os autores sugerem novas práticas para o *Last Planner* (BALLARD; HOWELL, 2003, apud SOARES, 2003).

- a) Especificação nos planos semanais de quem realizará o trabalho;
- b) Identificação de atividades que bloqueiam outras tarefas possuem os mesmos recursos;
- c) Inclusão dos trabalhadores individuais no comprometimento do planejamento;
- d) Destaque para melhorias e aprendizado;
- e) Planejamento diário.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste trabalho, adotou-se o estudo de caso combinado com o levantamento de dados *survey*. O método *survey*, de acordo com Fowler (2013), é uma metodologia de pesquisa para coletar informações sobre um tópico específico, caracterizado por questionários estruturados aplicados a uma amostra representativa, permite a coleta quantitativa de dados sobre percepções e comportamentos dos envolvidos no empreendimento. Complementarmente, realizou-se entrevistas com membros da equipe para obter *insights* qualitativos profundos e detalhados, garantindo uma compreensão abrangente dos processos e resultados do projeto. A equipe responsável era formada por seis pessoas, divididas entre o gestor de obra, analista técnico, assistente técnico, mestre de obras, almoxarifado e administrativo, o autor, exerceu a função de assistente técnico, participando diretamente das decisões que impactaram no prazo

e qualidade de entrega do empreendimento, sendo responsável pelo controle de custos, contratações e conferência dos serviços executados.

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é a melhor escolha quando se investiga um fenômeno contemporâneo, dentro de seu contexto, com pouco controle sobre os eventos analisados. O autor define a investigação do estudo de caso como uma situação única, com mais variáveis de interesse do que pontos de dados, fundamentando-se em diversas fontes de evidências e se beneficiando do desenvolvimento prévio de proposições teóricas para orientar a coleta e análise de dados. Portanto, o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa abrangente, não se restringindo a uma única técnica de coleta de dados ou característica do planejamento em si.

O estudo foi conduzido conforme o delineamento apresentado na figura 7 e está dividido em três fases: Definição, Análise e Conclusão. Na primeira fase, foi definido o tema a ser abordado e a obra a ser estudada. Em seguida, o autor iniciou a fase de desenvolvimento, composta por três etapas. O início dessa fase ocorreu por meio do estudo e organização do processo interno investigado da Construtura, seguido da separação das ferramentas a serem utilizadas e da análise dos dados obtidos, finalizando com a conclusão dos dados obtidos, realização da análise comparativa do estudo à teoria, chegando a uma conclusão final, nesse caso, evidenciando os resultados a proposta estudada.

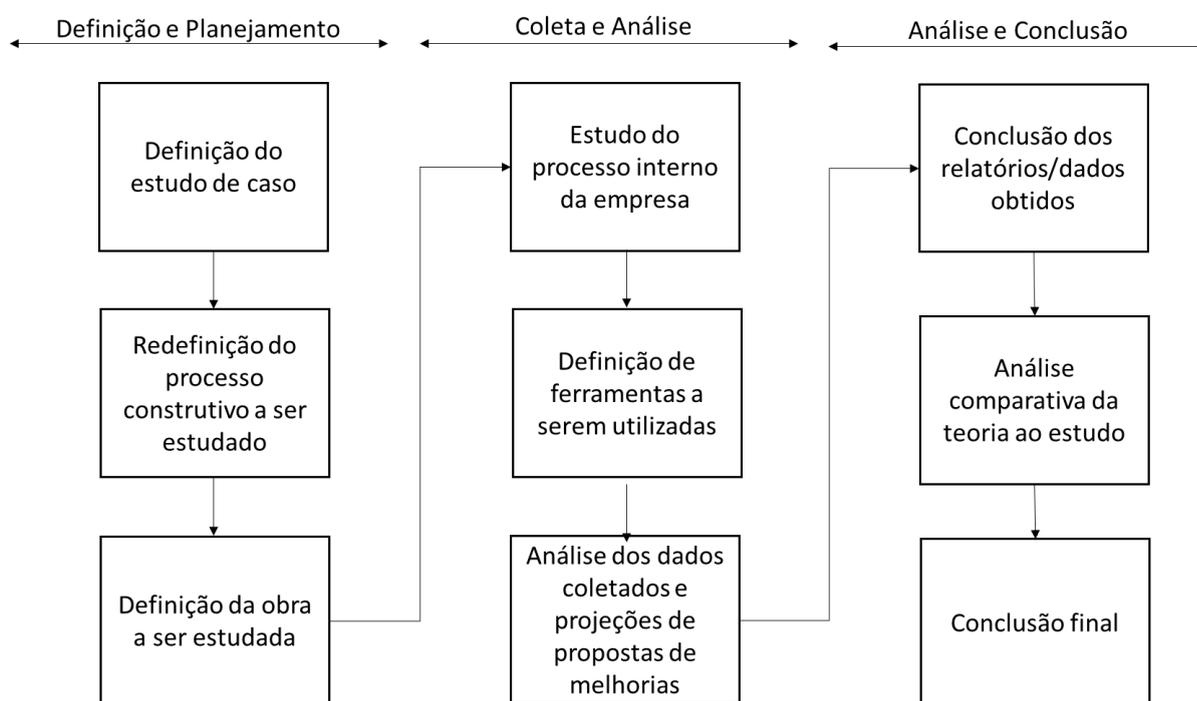


Figura 6: Delineamento da pesquisa (Autor)

O empreendimento do estudo faz parte do segmento de construções de médio padrão. São quinze pavimentos distribuídos em um terreno com mais de 2.000m² e 7.965m² construídos. Visto que é uma obra de apenas uma torre, com uma implantação complexa, o desafio do planejamento consiste em otimizar os ciclos das atividades de maneira que consiga atacar

mais de uma frente de serviço simultaneamente, mantendo os princípios do lean.



Térreo

Figura 7: Layout Térreo do Empreendimento



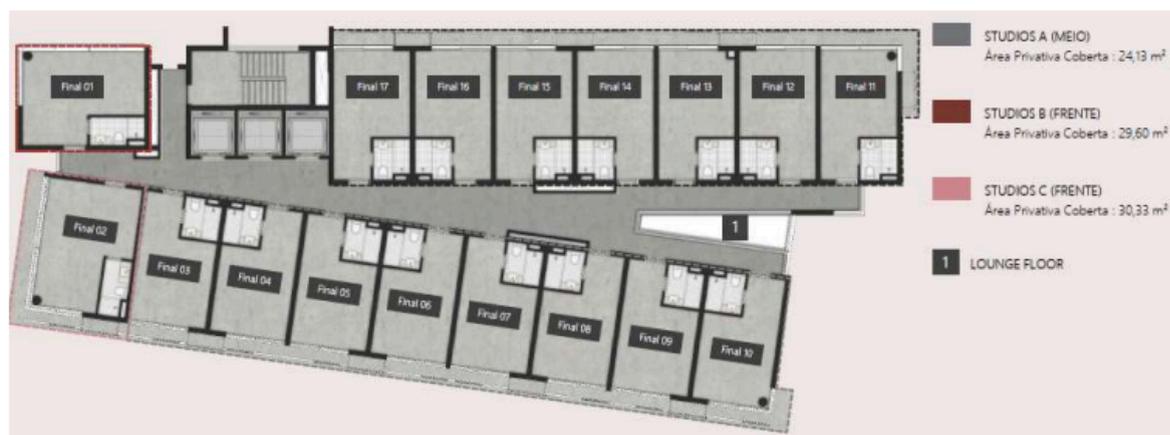
2º Pavimento

Figura 8: Layout 2 Pavimento do Empreendimento



3º Pavimento – Planta Baixa

Figura 9: Layout 3 Pavimento do Empreendimento



Pavimento Tipo – 4º ao 14º Pavimento

Figura 10: Layout Pavimento tipo do Empreendimento



Figura 11: Layout 15 Pavimento do Empreendimento

4. RESULTADOS

Este capítulo apresenta a aplicação do estudo de caso, que envolve a comparação do planejamento executado do empreendimento através da metodologia Linha de Balanço e seu planejamento atualizado ao utilizar a mesma metodologia, porém acrescentada aos princípios do *Lean Construction*. Para a realização desta pesquisa, foram disponibilizados dados referentes ao Planejamento de Curto, Médio e Longo Prazo e notas emitidas pelas ferramentas de controle da qualidade e planejamento interno da empresa. A empresa utiliza o software *Ms Project*® para guiar seu planejamento, a empresa utiliza o indicador "Data fim", que é atualizado mensalmente para controlar a data de término da obra.

4.1. CRIAÇÃO DO PLANEJAMENTO

Primeiramente, o cronograma gerado é superficial em termos de abertura de pacotes de trabalho, e conservador, devido à quantidade limitada de informações. Para elaboração deste cronograma, é utilizado indicadores de produtividade padrão da empresa e o diagrama de rede cadeado conforme tipologia de cada empreendimento. O setor de planejamento, então, ajusta o cronograma base com os dados disponíveis, mesmo que ainda haja incertezas, para que os setores de engenharia e planejamento atualizem mensalmente o cronograma de maneira a realizar o acompanhamento mensal.



Figura 12: Cronograma inicial

O Planejamento final visa regrar a data em que cada serviço deve acontecer. O cronograma, segundo a empresa da obra do estudo de caso, deve conter as principais atividades a serem realizadas durante o prazo de obra, sendo elas, atividades que agregam valor, tudo que será

entregue ao cliente – fundações, estrutura, alvenaria, acabamentos. Como cada obra tem sua particularidade, os cronogramas da empresa seguem a EAP (Estrutura Analítica de Projeto) conforme figura 13. Além disso, as nomenclaturas das atividades devem obedecer ao esquema “Nome da atividade – Local/Setor”. A setorização deve ser considerada conforme cada particularidade.

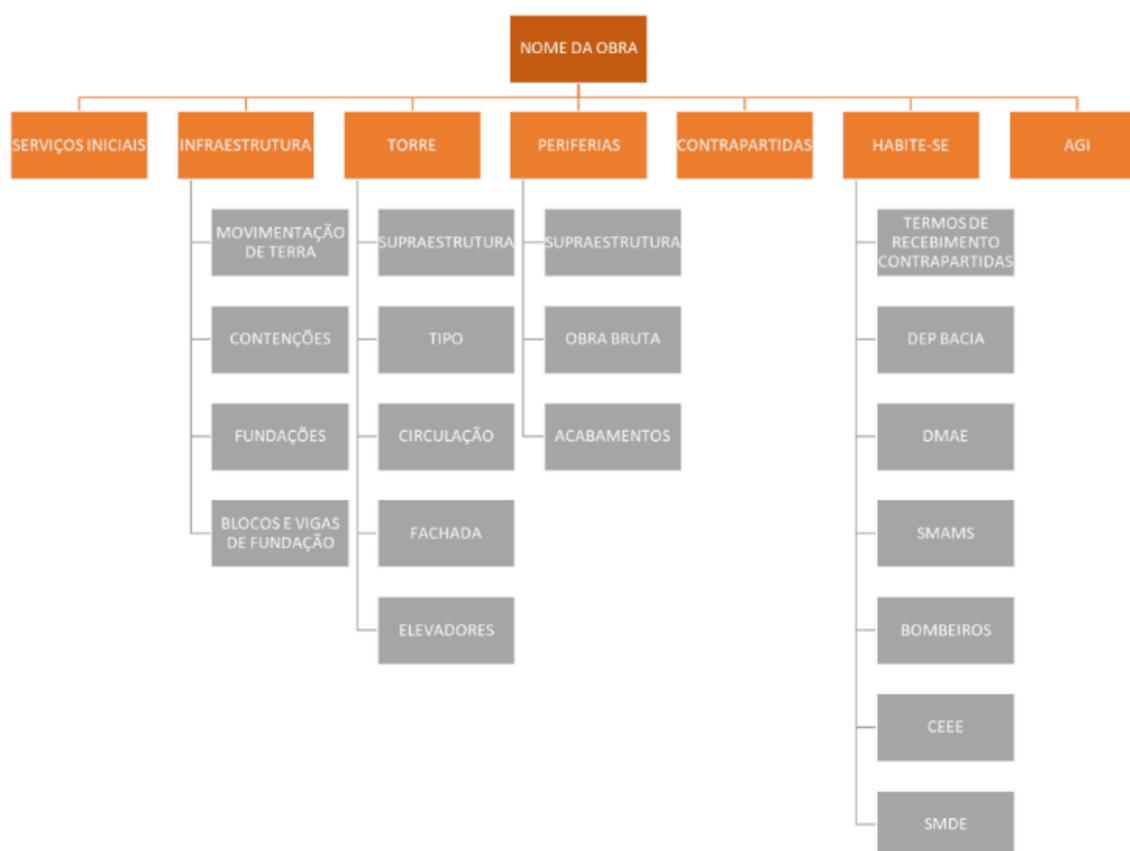


Figura 13: Estrutura EAP da Empresa

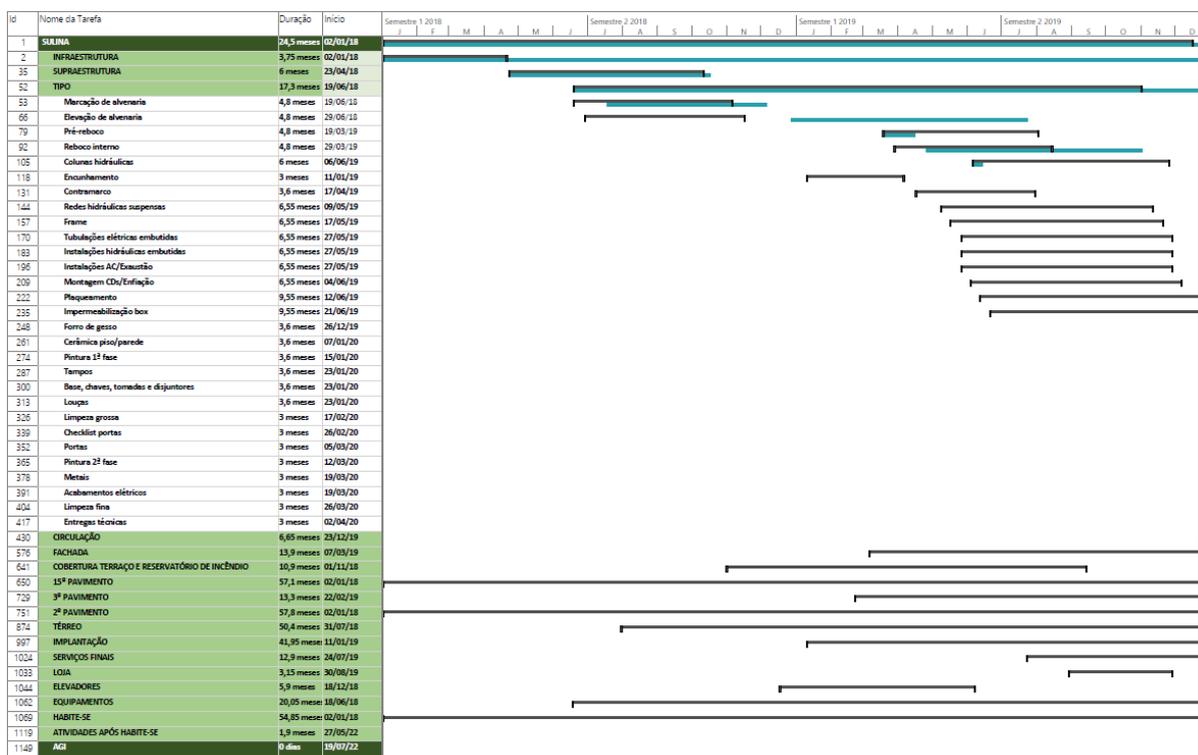


Figura 14: Cronograma Final Macro

4.2. PLANEJAMENTO

No presente subcapítulo, é abordado o comparativo do cronograma executado e da proposta de cronograma. Através de entrevista realizada com a equipe da obra, Engenheiro, Mestre de Obras, Analistas e Assistente Técnico, é relatado detalhes da execução do cronograma executado. Já, para a proposta de cronograma com base nos princípios *Lean*, é baseado no referencial teórico abordado neste estudo. Desse modo, para fins didáticos, a comparação é feita com base em 3 fases de obra existentes:

- a) Fase de Estrutura;
- b) Fase de Mão de Obra Bruta;
- c) Fase de Acabamento.

4.2.1. FASE DE ESTRUTURA

Segundo Yazigi (2009), as etapas do processo executivo de estruturas convencionais de concreto armado são divididas em etapas, sendo elas:

- a) Confeção de formas;
- b) Montagem de formas;
- c) Desforma;
- d) Montagem de armaduras;
- e) Lançamento de concreto.

4.2.1.1. PLANEJAMENTO DE ESTRUTURA EXECUTADA

A realização da estrutura, conforme cronograma executado, figura 15, realizou o término dos serviços de infraestrutura e supraestrutura em 11 meses, percorrendo desde as atividades de fundação até o término da supraestrutura da cobertura do empreendimento. Foi relatado, nas entrevistas com a equipe de obra, a grande dificuldade em finalizar o serviço de infraestrutura e iniciar a supraestrutura do pavimento tipo. Também, foi identificado problemas de sequenciamento e redirecionamento de mão de obra ao longo do processo, com grandes tempos de processamento. Soma-se a isso, a comprovação de um alto índice de atividades que não agregam valor, apontando para a ineficiência do sistema utilizado. De acordo com Bonesi-De Luca et al. (2024), "se possível, deve-se tanto eliminar 'trabalhadores esperando pelo trabalho', quanto eliminar 'trabalho esperando pelos trabalhadores', ou seja, o ideal é alcançar a sincronização dos processos, estabelecendo uma produção ininterrupta e contínua".

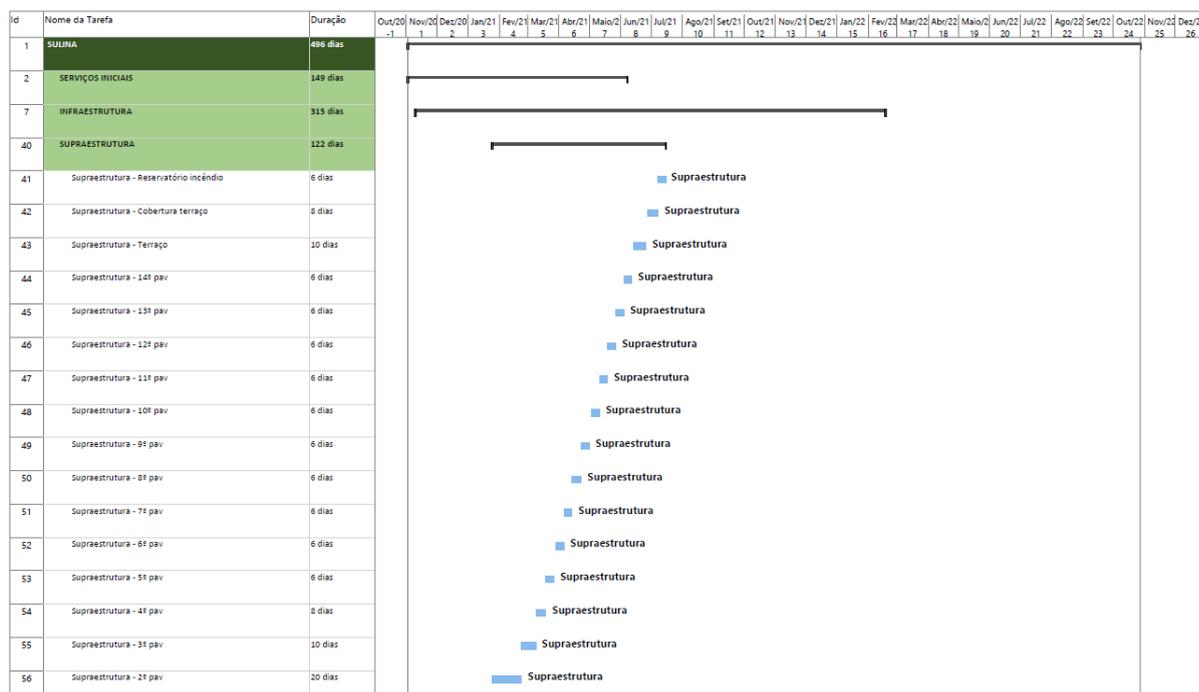


Figura 15: Planejamento executado estrutura

Situação	Descrição do problema	Classificação
Concretagem de pilares	A concretagem atrasa a entrada da equipe de armação nas vigas, fazendo com que os mesmos fiquem sem frente de trabalho no oitavo dia do ciclo	Ausência de planejamento de atividades
Correções nas formas de vigas	Problema de alinhamento das vigas causando retrabalho e redirecionamento de mão de obra, diminuindo o ritmo de produção nos dias 10 e 11 do ciclo	Falta de atendimento ao cliente interno e aos requisitos de qualidade do elemento
Direcionamento de mão de obra para atividades fora do ciclo da estrutura	Direcionamento de mão de obra para demais trabalhos de responsabilidade do empreiteiro gerando diminuição do número médio de funcionários representados na figura 9.	Falta de organização e dimensionamento de equipe
Falta de sincronização entre atividades	Falta de sincronização entre atividades, gerando conflitos no fluxo de produção.	Ausência de planejamento de atividades
Falta de frente de trabalho	A equipe de armação ficou sem frente de trabalho no oitavo dia do ciclo.	Falta de planejamento entre atividades das equipes da armação e carpintaria

Tabela 1: Problemas identificados no planejamento executado

Foi identificado na tabela 1 que a falta de sequenciamento entre atividades e o redirecionamento da mão de obra para outras atividades realizadas no canteiro geram os demais problemas citados.

4.2.1.2. PLANEJAMENTO DE ESTRUTURA PROPOSTO

Utilizando-se de alguns princípios da produção enxuta definidos por Koskela(1992) no subcapítulo 3.1.2, pode-se obter uma redução drástica no tempo de ciclo e, conseqüentemente, reduzir o tempo de término dessa fase.

Reduzir atividades que não agregam valor, esse é o conceito mais importante para que se possa efetivar com sucesso os demais. Observa-se que as atividades de fluxo apresentam um valor significativo dentro do processo da supraestrutura, mantendo-se equilibradas na relação entre os elementos. Nos pilares, destaca-se o menor índice de atividades que não agregam valor, influenciado pelo curto tempo de desforma e transporte, decorrente da menor quantidade de material necessário para sua execução. Em contrapartida, nas lajes, verifica-se um índice mais elevado de atividades que não agregam valor, impulsionado pelo tempo de transporte de material para montagem da armação superior e inferior, devido à baixa potência da mini grua, sistema de transporte vertical utilizado na obra do estudo de caso. Além disso, há uma alta quantidade de material necessário para o assoalho, proveniente da desforma do pavimento inferior. A execução das vigas revelou um sistema com menores perdas em comparação às atividades de fluxo e de conversão, no entanto, precisou de correções por não atender às condições de entrega para a etapa seguinte, o que resultou em um aumento no índice de atividades que não agregam valor.

Analisando os dados do estudo realizado por BARBOSA, Denis (2020) sobre as atividades de estrutura que agregam valor, nota-se que 32,25% das atividades de armação e carpintaria não agregam valor, considerando-se atividades de Pilares, Vigas, Laje e Escadas, abrindo-se

possibilidade de reduzir a porcentagem das atividades que não agregam valor, conseqüentemente, abrindo oportunidades de melhorias no sentido de buscar reduzir o ciclo executado pela obra, utilizando os princípios abaixo:

- a) Aumentar a flexibilidade na entrega do produto: Unindo os conceitos de Layout Flexível e produção JIT é possível evitar um canteiro de obras com acúmulo de estoque e tempo de espera. Utilizando-se de terrenos alternativos da própria empresa, é possível realizar a entrega dos materiais e produzir os produtos finais, pilares e vigas armados, de modo que sejam entregues somente no momento de colocá-los na laje para concretagem, permitindo fácil movimentação de materiais e trabalhadores, reduzindo o tempo de transporte e criando fácil acesso aos locais de trabalho.
- b) Reduzir tempo de ciclo de produção: Padronização das atividades através do sequenciamento de atividades e seus respectivos dias de execução, respeitando seus clientes internos e projetando implementação de fluxo contínuo, efetivando a redução do ciclo. Com isso, o tempo de execução das tarefas é reduzido e a precisão é aumentada, resultando em menos retrabalho e maior eficiência.
- c) Equilíbrio entre melhorias: Realizar a análise crítica ao decorrer do processo para entender quando ela pode e deve ser aprimorada novamente. Utilizando por exemplo, a melhoria de conversão, a qual padroniza os processos atualizados e introduz ferramentas de medição precisas que garantem a qualidade e a uniformidade das atividades.

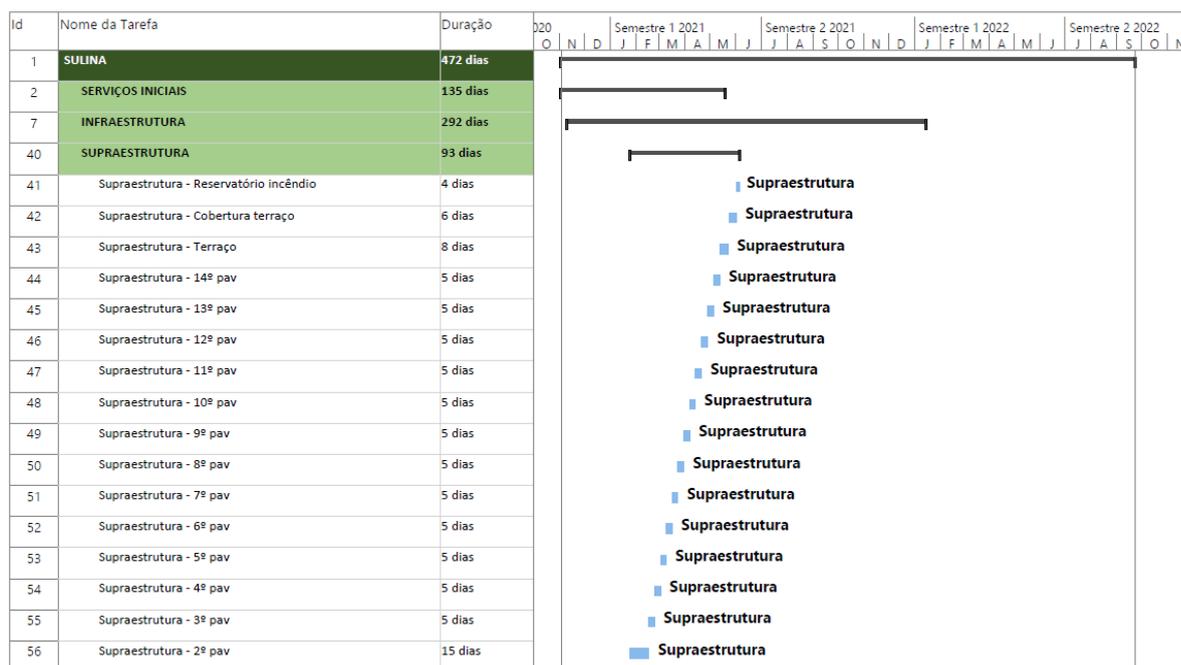


Figura 16: Planejamento proposto estrutura

4.2.2. FASE MÃO DE OBRA BRUTA

A Mão de Obra Bruta na construção civil é uma etapa crucial que abrange a execução de atividades fundamentais para a formação da estrutura básica e os acabamentos primários do empreendimento. Nesta fase, são realizadas a alvenaria de vedação e o revestimento interno. A alvenaria de vedação envolve a elevação de paredes que separam os ambientes internos e externos, compondo a separação dos ambientes e o isolamento da edificação (LORDSLEEM JÚNIOR, 2001). O revestimento interno, por sua vez, consiste na aplicação de argamassa sobre as paredes internas, preparando-as para os acabamentos finais, como pintura ou revestimentos alternativos. Essas atividades são essenciais para a progressão da obra, estabelecendo as bases sobre a qual a fase subsequente, acabamentos, será desenvolvida.

Conforme destacado por Lordsleem Júnior (2001), a eficiência e a qualidade na execução dessa etapa são determinantes para o sucesso do projeto de construção, influenciando diretamente a produtividade e a redução de perdas.

4.2.2.1. PLANEJAMENTO DE MÃO DE OBRA BRUTA EXECUTADA

A realização da mão de obra bruta, conforme cronograma executado, figura 17, efetivou término dos serviços de mão de obra bruta em 72 dias, desde a marcação da alvenaria até o término do reboco interno da cobertura do empreendimento. A equipe de obra relatou a grande dificuldade em atingir o ciclo de 8 dias, devido a complexidade de armazenamento de materiais e o volume excessivo de resíduo gerado, blocos, sacos plásticos, papel e argamassas. Nessa fase também foi identificado problemas de sequenciamento ao longo do processo, visto a influência que a estrutura exerce sobre a alvenaria, Thomaz e Helene (2000, p. 18) citam que:

"A qualidade final de uma alvenaria de vedação estará intimamente associada à qualidade da estrutura, seja em termos de regularidade geométrica (vãos, ângulos, prumo nível), seja em termos de comportamento mecânico. Apoiadas sobre vigas, lajes ou outros componentes estruturais, interligadas com pilares ou paredes estruturais, as alvenarias de vedação não se destinam a suportar carregamentos, embora lhes seja cada vez mais comum a transmissão de tensões oriundas de deformações impostas (flechas, recalques de fundação, movimentações térmicas)."

Portanto, devido a essa dependência da estrutura, é essencial conhecer a condição em que ela se encontra, monitorando seus defeitos e, posteriormente, determinando a melhor forma de minimizá-los e corrigi-los para a execução da alvenaria (LORDSLEEM JÚNIOR, 2000).

insumos na medida correta, diminuindo-se os desperdícios e ganhando tempo em logística de armazenamento e direcionamento de resíduos.

Para se garantir que as medidas citadas acima possam ser efetivas, algumas mudanças devem ser realizadas, mudanças ligadas diretamente aos seis passos do balanceamento da produção. O estudo do projeto de modulação de parede é de suma importância para minimizar a quebra de blocos cerâmicos e, com isso, o volume de resíduos de caliça criado. Realizar a troca da argamassa ensacada pela argamassa industrializada, tanto para o assentamento da cerâmico como para o revestimento interno garante a precisão no momento de programar e utilizar esse material, utilizando o conceito do JIT, somente é solicitado o que for usado, diminuindo drasticamente o desperdício. Ao estabilizar esse sistema e uniformizar a produção, o fluxo de trabalho torna-se equilibrado e enxuto. Desse modo, o planejamento com linha de balanço assume que o ritmo de cada serviço é constante ao longo da obra, simplificando-se, pois conforme Mattos (2010), passa a existir uma curva de aprendizado, fenômeno em que a produtividade aumenta ao longo do tempo devido a um maior conhecimento do serviço.

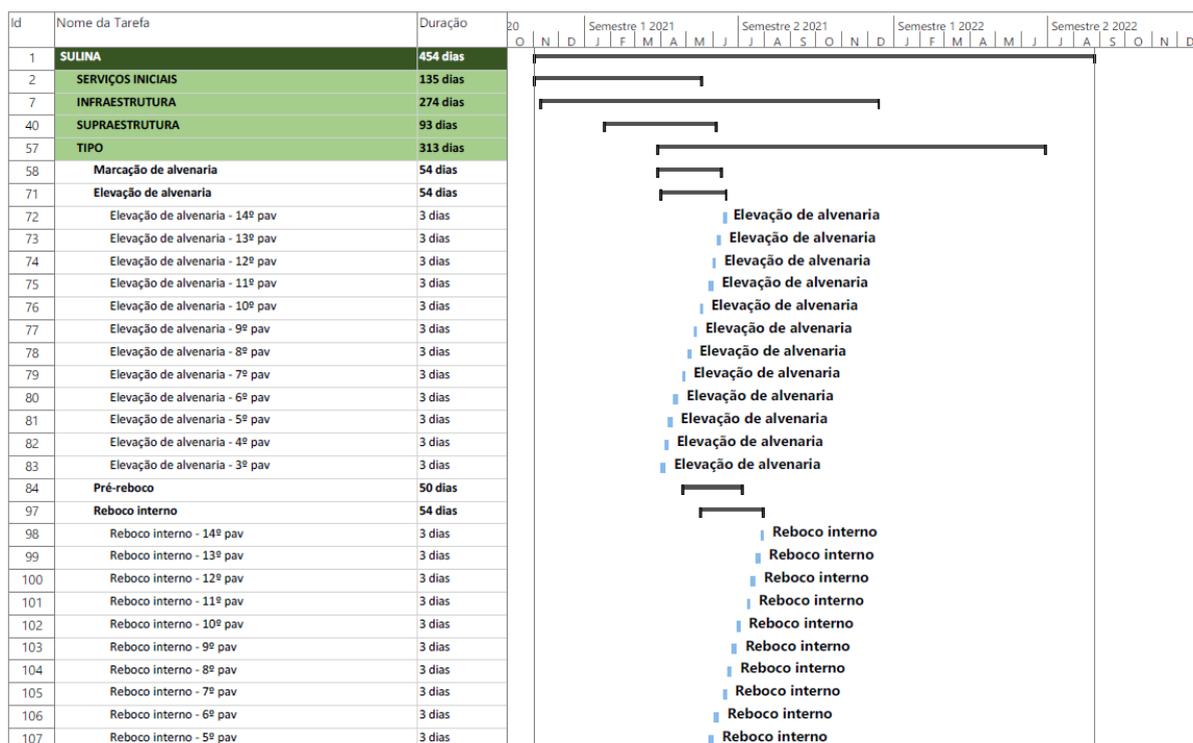
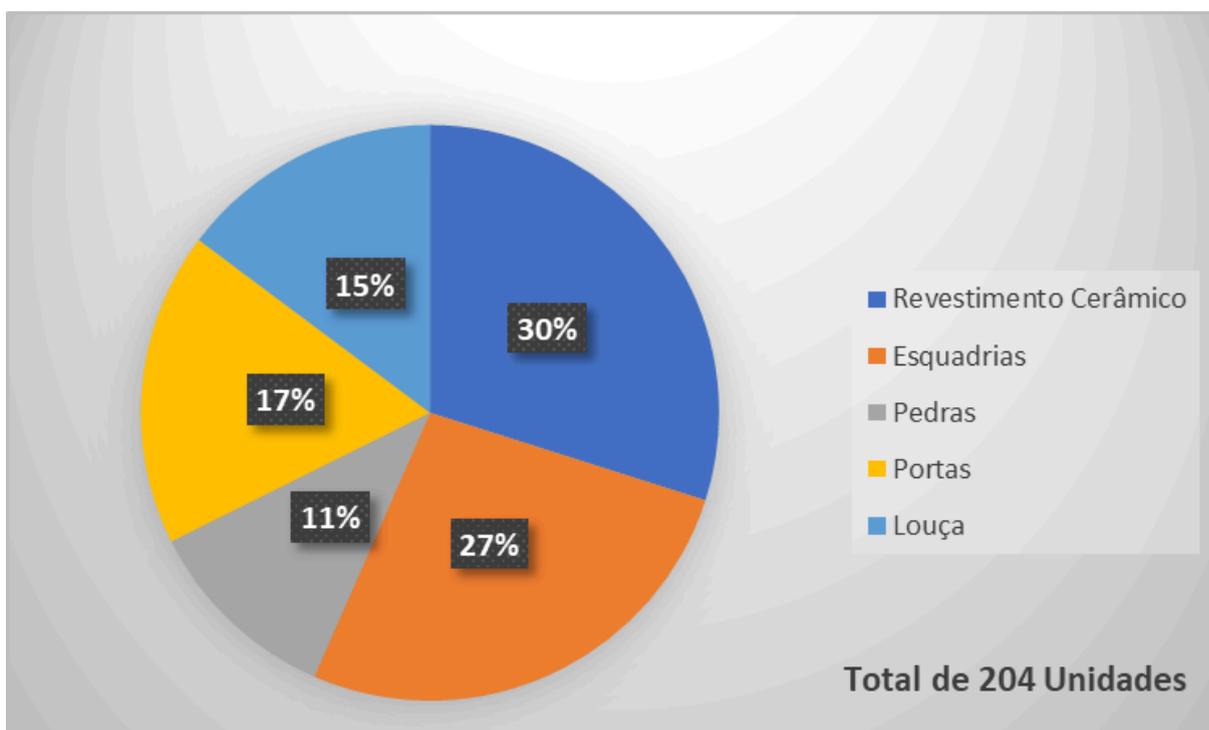


Figura 18: Planejamento de Mão de Obra Bruta proposto

4.2.3. FASE DE ACABAMENTOS

A fase de acabamento em uma obra na construção civil é o estágio final do processo de construção, focado em detalhes estéticos e funcionais que garantem a habitabilidade, a beleza do imóvel e a qualidade de entrega para o cliente final. Nesta etapa, são realizados serviços como a aplicação de revestimentos, pintura, instalação de pisos, louças sanitárias, metais, e esquadrias, além da colocação de elementos decorativos e funcionais.. O acabamento exige precisão e atenção aos detalhes, o mínimo detalhe pode comprometer a qualidade visual e o conforto do ambiente. Além disso, é crucial para a valorização do imóvel e para a satisfação dos usuários. O sucesso dessa fase depende da coordenação eficaz entre a execução e o controle de qualidade pelos responsáveis técnicos, garantindo que todos os materiais sejam aplicados corretamente e dentro dos padrões estabelecidos.



Quadro 4: Quantidade de unidades reprovadas na entrega final por atividade (Autor)

As reprovações indicam altos índices de perdas, falta de terminalidade e retrabalho, resultando em atividades que não agregaram valor ao produto final.

Há diferentes possíveis causas para a falta de terminalidade, tais como: falhas no controle da qualidade da produção, falta de mão de obra qualificada, indisponibilidade de materiais e inadequação dos materiais entregues (Leão; Isatto; Formoso, 2016).

4.2.3.2. PLANEJAMENTO DE ACABAMENTOS PROPOSTO

Para proteger a produção contra os efeitos negativos da variabilidade, um dos mecanismos tradicionais é a utilização de *buffers* de tempo, capacidade ou estoque no Planejamento e Controle da Produção (PCP).

Slack, também chamado de folga, pode ser implementado através de medidas planejadas com antecedência ou de forma oportunista, utilizando recursos que originalmente não tinham essa

finalidade (Formoso et al., 2021; Righi & Saurin, 2015). As estratégias para a implementação de *slack* são classificadas em redundância e flexibilidade. A redundância envolve a disponibilidade de recursos adicionais, enquanto a flexibilidade se refere ao uso versátil de diferentes recursos (Formoso et al., 2021).

Fireman et al. (2023) discutem o *slack* como um complemento aos *buffers*, destacando a inclusão de aspectos sociais para lidar com a variabilidade. Esses autores argumentam que, no contexto da construção civil, o *slack* é essencial e contribui significativamente para a gestão de riscos no PCP.

Ainda, segundo Formoso, Bolviken e Viana (2020), essas perdas estão intimamente ligadas ao conceito de lote de produção, que diz respeito à execução dos processos em cada unidade de produção. Ressaltando o impacto que essas perdas ocasionaram no planejamento executado pela Construtora.

A partir do quadro 2 é possível notar que as observações realizadas pela equipe de obra, de fato, impactaram no prazo final, e, desse modo, a aplicação dos conceitos *Lean* pode auxiliar na execução desses serviços e garantir maior eficiência para o lote de produção. Como observado anteriormente no subcapítulo 3.1.4.6, o 5S tem como objetivo auxiliar os operários a criar ambientes de trabalho mais organizados e identificados, promovendo maior eficiência na produção e redução dos danos materiais decorrentes do mau manuseio e falta de manutenção do ambiente.

Ainda, quando o serviço é iniciado com um kit incompleto, isso pode resultar em um prolongamento do tempo necessário para concluir a tarefa. A falta de terminalidade representa as tarefas que são deixadas para trás quando uma equipe abandona um local de trabalho (Fireman; Formoso; Isatto, 2013). Há um aumento no volume *WIP*, mais retrabalho,

deterioração da qualidade e dos prazos de entrega, menor produtividade e redução na motivação dos funcionários (Ronen, 1992).

Ainda, Formoso et al. (2021) classificam as estratégias de implementação de folga em redundância e flexibilidade: redundância envolve a disponibilização de recursos adicionais, enquanto flexibilidade permite o uso variado dos recursos. Fireman et al. (2023) complementam que *slack*, considerado um complemento ao *buffer*, incorpora aspectos sociais para lidar com a variabilidade e é essencial para a gestão de riscos no PCP em empreendimentos de construção.

Assim, a logística de canteiro de obras é igualmente trabalhada, pois envolve a disposição estratégica de materiais, ferramentas e equipamentos, além da definição de fluxos de trabalho que minimizem desperdícios e otimizem o tempo. Uma boa logística no canteiro de obras garante que todos os recursos necessários estejam prontamente disponíveis, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a produtividade. O uso de ferramentas como o Slack permite que a comunicação entre equipes seja mais ágil e coordenada, facilitando o acompanhamento em tempo real de entregas de materiais, atualização de status das tarefas e resolução rápida de problemas inesperados. Além disso, a criação de buffers de tempo no cronograma do empreendimento adiciona uma camada de segurança contra imprevistos, permitindo ajustes nos fluxos sem comprometer os prazos globais, o que contribui para a melhor gestão de recursos e aumento da eficiência no canteiro de obras.

Através do estudo aprofundado do planejamento executado e das entrevistas realizadas, foi possível constatar as adversidades existentes entre os dois âmbitos, o planejamento e a execução. Pode-se observar com clareza que o planejamento executado realizou com êxito alguns conceitos *lean*, por exemplo, o controle e balanceamento da produção, no qual é possível identificar alguns passos para controlar a produção, como a sequência entre tarefas, tempo de ciclo, vínculos entre tarefas. Tendo em vista que as filosofias da produção enxuta não foram aplicadas em sua totalidade, é possível perceber que há grande desperdício de tempo e valor no planejamento executado. Desse modo, a proposta realizada neste estudo de caso, efetivou uma redução de prazo em 42 dias sendo orientada para valorização do produto e da qualidade final entregue, demonstrando ser um marco possível de ser atingido pela Construtora e também um *Benchmarking* a ser seguido.

Os processos do *Lean Construction* são vitais para aumentar a eficiência da construção civil, sua aplicação no planejamento é um processo decisório que garante a melhor compreensão dos objetivos do projeto e auxiliam nos processos de orçamento e cronograma. Porém, apesar da proposta se mostrar eficiente para esse estudo de caso, ainda há inúmeras variáveis que devem ser exploradas, como a análise custo e dimensionamento de equipes para cada atividade, para que seja possível, de fato, executar uma obra desde seu planejamento até a entrega final de maneira valorizada, eficiente, com qualidade e prazo de acordo com os os princípios *Lean Construction*.

Id	Nome da Tarefa	Duração	tr
1	SULINA	496 dias	C
2	SERVIÇOS INICIAIS	149 dias	
7	INFRAESTRUTURA	315 dias	
40	SUPRAESTRUTURA	122 dias	
57	TIPO	345 dias	
435	CIRCULAÇÃO	133 dias	
581	FACHADA	245 dias	
646	COBERTURA TERRAÇO E RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO	177 dias	
655	15º PAVIMENTO	296 dias	
734	3º PAVIMENTO	121 dias	
756	2º PAVIMENTO	330 dias	
879	TÉRREO	320 dias	
1002	IMPLANTAÇÃO	248 dias	
1029	SERVIÇOS FINAIS	148 dias	
1038	LOJA	242 dias	
1049	ELEVADORES	118 dias	
1067	EQUIPAMENTOS	215 dias	
1074	HABITE-SE	458 dias	
1124	ATIVIDADES APÓS HABITE-SE	38 dias	
1154	AGI	0 dias	

Figura 21: Planejamento final executado

Id	Nome da Tarefa	Duração	tr C
1	SULINA	454 dias	
2	SERVIÇOS INICIAIS	135 dias	
7	INFRAESTRUTURA	274 dias	
40	SUPRAESTRUTURA	93 dias	
57	TIPO	313 dias	
435	CIRCULAÇÃO	130 dias	
581	FACHADA	246 dias	
646	COBERTURA TERRAÇO E RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO	170 dias	
655	15º PAVIMENTO	295 dias	
734	3º PAVIMENTO	115 dias	
756	2º PAVIMENTO	340 dias	
879	TÉRREO	334 dias	
1002	IMPLANTAÇÃO	243 dias	
1029	SERVIÇOS FINAIS	141 dias	
1038	LOJA	229 dias	
1049	ELEVADORES	114 dias	
1067	EQUIPAMENTOS	187 dias	
1074	HABITE-SE	416 dias	
1124	ATIVIDADES APÓS HABITE-SE	38 dias	
1154	AGI	0 dias	

Figura 22: Planejamento final proposto

REFERÊNCIAS

ISATTO, Eduardo. L. et al. **Lean Construction: Diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. 175p.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction e a Construção Enxuta**. 2015.

BERNARDES, M. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento da produção para empresas de construção de micro e pequeno porte**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CAMPOS, V. F. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1999.

COELHO, H. O. **Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil**. 2003. 120 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de Referência para o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. PORTO ALEGRE: PPGE/UFRGS, 1999

DESCHAMPS, Ramon R. **Melhoria sistêmica do planejamento e controle de uma construtora em nível tático-estratégico utilizando conceitos da lean construction**. TCC de engenharia de produção. UFSC. 2015.

FRUET, G.; FORMOSO, C. Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte. In: Seminário Qualidade na Construção Civil, 2, Porto Alegre, 8-9 jun., 1993. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

LAUFER, A; TUCKER, R. L. **Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process**. Construction Management and Economics. London, 1987. v. 5, n.3, Winter 1987 p. 246-266.

ROCHA, F.; HEINECK, L.; RODRIGUES, I.; PEREIRA, E. **Logística e Lógica na Construção Lean: um processo de gestão transparente na construção de edifícios**. Fortaleza: Fibra, 2004.

Fowler, F. J. (2013). **Survey Research Methods** (5th ed.). SAGE Publications.

RIGHI, Mariana de Moraes. **Sistema de Controle da Qualidade e Planejamento de Curto Prazo na Construção Civil: Integração e Compartilhamento de Informações**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: an essential step in production control**. BERKELEY: Construction Engineering and Management Program / Department of Civil and Environmental Engineering / University of California, 1997. Technical Report No. 97-1.

BALLARD, G. **The last planner system of production control**. 2000. 191 f. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham.

BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris. Current Process Benchmark for the Last Planner System. *Lean Construction Journal*, Berkeley, USA, p. 57–89, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2IukWKA>>

PENEIROL, N. **Lean Construction em Portugal: caso de estudo de implementação de sistema de controlo da produção Last Planner**. 2007. 127 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Project Management Institute. (2013). **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)** – Quinta Edição. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2003. 138 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) - Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VENTURINI, Juliana Sanches. **Proposta de ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria**. 2015.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford, EUA, CIFE, 1992.

LORENZON, I. A.; MARTINS, R. A. **Discussão sobre a medição de desempenho na lean construction.** In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13, 2006, Bauru. Anais... São Carlos: UFSCAR, 2006. p. 1-10. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/505.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

SOUTO, Rodrigo da Silveira. **Aplicação de princípios e conceitos do sistema TOYOTA de produções em uma etapa construtiva de uma empresa de construção civil.** Dissertação de mestrado do curso de engenharia de produção. UFRGS. 2000.

MOURA, Artur. **Planejando com lean construction: Diretrizes para implementação da construção enxuta em obras.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação, em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MOURA, Camile Borges; FORMOSO, Carlos Torres. **Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do sistema Last Planner e fatores que afetam a sua eficácia.** Ambiente construído, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 29, jul./set. 2009. UFRGS - Pós-graduação.

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

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 149p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 2ªed. São Paulo: Atlas, 2008. 747p.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE, Richard. **Fundamentos da Administração da Produção.** Porto Alegre, Bookman, 2001. 598p.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campus, 1993.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC - Controle da Qualidade Total, no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004, 256p.

SOUTO, R. S. **Aplicação de princípios e conceitos do sistema Toyota de produção em uma etapa construtiva de uma empresa de construção civil**. 2000. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009.

BARBOSA, Denis Mendes. **Identificação de Oportunidades de Melhorias em Prazo Através da Análise de Perdas em Processos e Operações na Supraestrutura de Concreto Armado**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.]

LORDSLEEM JUNIOR, A. C. **Manual de reformas: projeto, execução e gestão**. São Paulo: O Nome da Editora, 2001.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2000. Boletim Técnico PCC n. 252.

DE BRITO, Whelson Oliveira; DOS SANTOS, Eliane Domingos. **AVALIAÇÃO DA QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM MONTEIRO/PB**.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obra**. São Paulo, SP: Pini, 2010

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. Tradução de Daniel Grassi. 3^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

BONESI-DE LUCA, F. M.; VARGAS, F. B. de; FORMOSO, C. T. BULHÕES, I. R. **Método para implementação do trabalho padronizado como elemento adicional do planejamento e controle baseado em localização**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 24, e131705, jan./dez. 2024.

BALLARD, G., TOMMELEIN, I. **2020 current process benchmark for the Last Planner(R) system of project planning and control**. 2021.

FIREMAN, M.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **integrating production and quality control: monitoring making-do and unfinished work**. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21., Fortaleza, 2013. Proceedings [...] Brazil, 2013.

FORMOSO, C, T; BOLVIKEN, T; VIANA, D. **Understanding waste in construction**. In: **LEAN construction**. London: Routledge, 2020.

RONEN, B. **The complete kit concept**. *International Journal of Production Research*, v. 30, n. 10, p. 2457-2466, 1992.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implantação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta**. Campinas, 2009. 339 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FORMOSO, C. et al. **Slack in construction: part 1, core concepts**. In: ANNUAL CONFERENCE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 29., Lima, 2021. Proceedings [...] Peru, 2021.

FIREMAN, M. et al. **Slack in production planning and control: a study in the construction industry**. *Construction Management and Economics*, v. 41, n. 3, p. 256-276, 2023.

MARHANI, M. A. et al. **Sustainability Through Lean Construction Approach: A Literature Review**. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 101, p. 90–99, 2013.

PEREIRA, A. M. et al. **Aplicação Da Construção Enxuta (Lean Construction) Na Construção Civil**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Anais...Fortaleza, CE: 2015