



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL  
CAMPUS SERTÃO  
ENGENHARIA CIVIL

LUCAS EMANUEL GUIMARÃES DOS SANTOS

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS EM CONSTRUÇÃO MODULAR: UM  
ESTUDO DE CASO PARA ELABORAÇÃO DE CRONOGRAMA DE OBRAS**

Delmiro Gouveia/AL

2023



LUCAS EMANUEL GUIMARÃES DOS SANTOS

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS EM CONSTRUÇÃO MODULAR: UM  
ESTUDO DE CASO PARA ELABORAÇÃO DE CRONOGRAMA DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes

Delmiro Gouveia/AL

2023

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S729p Santos, Lucas Emanuel Guimarães dos

Planejamento e controle de obras em construção modular: um estudo de caso para elaboração de cronograma de obras / Lucas Emanuel Guimarães dos Santos. - 2023.

97 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Construção civil. 2. Construção modular. 3. Planejamento e controle. 4. Cronograma de obra. 5. Gestão de obra. 6. *Lean Construction*. 7. *Gantt Project*. I. Moraes, Odair Barbosa de. II. Título.

CDU: 624:658.5

**LUCAS EMANUEL GUIMARÃES DOS SANTOS**

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS EM CONSTRUÇÃO MODULAR: UM ESTUDO DE CASO PARA ELABORAÇÃO DE CRONOGRAMA DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão e aprovado em 02/06/2023.



---

Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes  
(Orientador – Universidade Federal de Alagoas)

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 ALEXANDRE NASCIMENTO DE LIMA  
Data: 22/06/2023 09:14:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Msc. Alexandre Lima  
(Avaliador 2 – Universidade Federal de Alagoas)

MYKAELL VIEIRA  
NORONHA:09489922471

Assinado de forma digital por MYKAELL VIEIRA  
NORONHA:09489922471  
Dados: 2023.06.22 07:59:07 -03'00'

---

Eng. Mykaell Vieira Noronha  
(Avaliador 3 – Examinador externo)

“Muda que quando a gente muda o mundo muda com a gente  
A gente muda o mundo na mudança da mente...”  
(Gabriel Pensador, 2001)

Dedico este trabalho a todos aqueles que  
um dia pensaram em desistir... É possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por tudo o que me proporcionou, pois, tudo é realizado a partir dele. À minha mãe Jeane Guimarães (em memória), por ter me ensinado o amor e o sentido da vida. Ao meu pai Manoel Belarmino e irmã Belãne Gabrieli por todo o apoio nessa caminhada.

Agradeço o apoio da minha família: minhas avós Nazaré e Terezinha (em memória), meu avô Fernando, minha tia Quitéria (em memória), Pe. Aparecido, e aos meus primos.

À minha namorada Maria Eduarda, pelo companheirismo e palavras ditas nos momentos difíceis, me incentivando a acreditar que era possível a realização desse sonho.

Aos engenheiros Jordana Martins, Patric Monteiro, o mestre de obras Adriano, os encarregados Jailson e Gilmar, pelo aprendizado e crescimento profissional, pois, tive a oportunidade de tê-los como meus mentores.

Aos amigos que a graduação me proporcionou conhecer, em especial: Guilherme Teles, Caio Manoel, Mykaell Noronha, Manoel Clemente, Izaak Almeida, Thalles André, Jaime Vinícius, Karol Tranzillo, Geyne Lohana, Sanderson Mendes, Geison, Elias Matheus e Jonnatas Alécio.

Aos amigos de infância: Rafael Neto, Júnior Ramos, Heverton Yuri, Marquinhos e Luiz pela amizade sincera ao longo dos anos.

Ao meu orientador Odair Barbosa, por me proporcionar os conhecimentos necessários para a realização desse trabalho.

Agradeço a todos que me ajudaram nessa caminhada, sem vocês isso não seria real.

## RESUMO

Este estudo apresenta uma proposta de cronograma de obra, para as atividades que compõem a execução de setes Creches CRIA no estado de Alagoas. O planejamento e controle de obras são um conjunto de estratégias e ferramentas, que utilizadas de forma adequada por uma organização, proporciona a eficiência do seu sistema produtivo. A construção modular é uma metodologia construtiva que tem entre suas características uma execução ágil, com menor custo e melhor qualidade do produto final. A proposta é baseada nas etapas construtivas da obra e pela dependência entre as atividades. Foi utilizado o *software Gantt Project* para o desenvolvimento do cronograma da obra, determinando assim, o caminho crítico do projeto. O objetivo principal foi alcançado e a metodologia do cronograma possibilita ao gestor uma forma de melhorar a tomada de decisão, podendo prever a demanda de insumos, mão de obra e equipamentos que serão utilizados em cada etapa construtiva. Garantindo desta forma que os processos se tornem mais eficazes, precisos e dinâmicos.

**Palavras-chave:** Construções industrializadas; planejamento e controle de obras; *lean construction*; *Gantt Project*

## **ABSTRACT**

This study shows a project schedule proposal for the activities that make up the execution of a nursery CRIA in the state of Alagoas. The planning and the construction control is a set of strategies and tools that, when managed properly by an organization, provides efficiency to its productive system. Modular construction is a construction methodology that has between its characteristics a faster execution, lower cost, and better quality of the final product. The proposal is based on the construction stages, and due to the dependency among the activities, the Gantt Project software was used to develop the construction schedule, and the critical project stages have been determined. The main goal was achieved, and the schedule methodology provides the manager with a way to improve decision making, being able to predict the demand for inputs, labor, and equipment that will be used in each construction stage. Ensuring that the processes become more effective, accurate and dynamic.

**Keywords:** Industrialized buildings; construction planning and control; lean construction; Gantt Project.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Produção das placas de GRC dos monoblocos.....	25
Figura 2: Módulos sendo produzidos em fábrica.....	26
Figura 3: Esquema do ciclo do processo de controle.....	32
Figura 4: Ciclo de vida do projeto.....	33
Figura 5: Ciclo PDCA .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 6: Atividades que compõem a elaboração do roteiro do planejamento.....	38
Figura 7: Municípios onde as obras foram executadas.....	42
Figura 8: Módulo finalizado para receber acabamentos.....	44
Figura 9: Módulo com os acabamentos de cerâmica e esquadrias de alumínio.....	45
Figura 10: Terraplenagem e compactação do terreno.....	45
Figura 11: Execução da locação e gabarito da obra.....	46
Figura 12: Execução das armações da fundação e fôrmas de madeira.....	47
Figura 13: Locação e nivelamento das armações e fôrmas de madeira.....	48
Figura 14: Concretagem da fundação.....	49
Figura 15: Finalização da concretagem da fundação e impermeabilização.....	49
Figura 16: Execução da alvenaria de blocos de concreto.....	50
Figura 17: Detalhamento das armações dos pilares do muro de alvenaria de blocos de concreto.....	51
Figura 18: Execução da fossa séptica.....	51
Figura 19: Grauteamento das canaletas de concreto.....	52
Figura 20: Execução das instalações hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais.....	53
Figura 21: Execução da alvenaria e as instalações hidráulicas.....	53
Figura 22: Aterramento da obra.....	54
Figura 23: Compactação do aterro da parte interna da obra.....	55
Figura 24: Transporte dos módulos.....	56
Figura 25: Planta de montagem dos monoblocos.....	57
Figura 26: Montagem dos monoblocos no canteiro de obras.....	57
Figura 27: Banheiro funcionários masculino.....	58
Figura 28: Montagem dos monoblocos finalizada.....	59
Figura 29: Detalhamento dos ganchos pescadores com o bloco de sapata.....	60
Figura 30: Instalação do reservatório metálico.....	60
Figura 31: Soldagem dos módulos.....	61

Figura 32: Execução da estrutura metálica. ....	62
Figura 33: Cobertura metálica sendo executada.....	62
Figura 34: Execução das esquadrias metálicas (grades e portões).....	63
Figura 35: Gabarito de madeira para execução do piso de concreto desempenado..	64
Figura 36: Concretagem do piso do solário.....	64
Figura 37: Piso dos corredores e pátio concretado. ....	65
Figura 38: Polimento do piso de concreto desempenado.....	65
Figura 39: Execução das instalações elétricas.....	66
Figura 40: Execução do forro em gesso acartonado.....	67
Figura 41: Emassamento das juntas de dilatação do forro. ....	67
Figura 42: Execução do aterro do piso intertravado e assentamento do meio fio. ....	68
Figura 43: Assentamento do piso intertravado. ....	68
Figura 44: Finalização do assentamento do piso intertravado. ....	69
Figura 45: Instalação dos roda meio de madeira. ....	70
Figura 46: Instalação das divisórias e lavatório do banheiro infantil.....	70
Figura 47: Instalação das bancadas de granito da cozinha. ....	71
Figura 48: Pintura do piso com tinta epóxi. ....	72
Figura 49: Pintura dos desenhos do piso. ....	72
Figura 50: Extintores e placas de sinalização do PPCI. ....	73
Figura 51: Plantio da grama. ....	74
Figura 52: Posicionamento dos móveis das salas de aulas. ....	75
Figura 53: Sala multiuso.....	75
Figura 54: Instalação dos equipamentos.....	76
Figura 55: Cronograma da obra através do Gráfico de Gantt. ....	81
Figura 56: Atividades críticas. ....	83

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das atividades, durações e atividades de precedências na fábrica.....	77
Tabela 2 – Descrição das atividades, durações e atividades de precedências na obra.....	78

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPM	Critical Path Method
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
GRC	Glass Fiber Reinforced Concrete
IDA	Institute for Defense Analyses
NBR	Norma Técnica Brasileira
PDCA	Planejar, Desempenhar, Checar, Agir
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PPCI	Projeto de Prevenção Contra Incêndio
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TQM	Gerenciamento da Qualidade Total

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>16</b>
1.1.1	Geral	16
1.1.2	Específicos	16
<b>1.2</b>	<b>Estrutura do trabalho</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Industrialização do processo construtivo</b>	<b>20</b>
2.1.1	Construções industrializadas, não-industrializadas e parcialmente industrializadas	22
2.1.2	Diferença entre pré-moldados e pré-fábricados	24
2.1.3	A modulação ou coordenação modular aplicada à construção civil	26
2.1.4	Lean Construction	27
2.1.5	Engenharia simultânea	29
<b>2.2</b>	<b>Planejamento, programação e controle</b>	<b>31</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Ciclo de vida do projeto</b>	<b>32</b>
2.2.1	Métodos de planejamento e controle de obra	34
2.2.2	Ciclo PDCA	36
2.2.3	Roteiro do planejamento	37
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>– Caracterização da área de estudo</b>	<b>40</b>
<b>3.2</b>	<b>– Desenvolvimento do cronograma</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Etapas e processos construtivos</b>	<b>43</b>
4.1.1	Produção dos monoblocos	43

4.1.2 Terraplanagem do terreno.....	45
4.1.3 Locação, gabarito e canteiro da obra .....	46
4.1.4 Fundação .....	47
4.1.5 Execução da alvenaria de blocos de concreto, fossa séptica, caixas de passagens e pingadeiras.....	50
4.1.6 Execução das instalações hidráulicas, hidrossanitárias, pluviais e SPDA. ....	52
4.1.7 Aterramento da parte interna da obra .....	54
4.1.8 Montagem dos módulos em obra .....	55
4.1.9 Instalação do reservatório metálico .....	59
4.1.10 Execução da estrutura metálica da cobertura e esquadrias .....	60
4.1.11 Execução do piso de concreto desempolado .....	63
4.1.12 Execução das instalações elétricas e rede de lógica .....	66
4.1.13 Execução do forro em gesso acartonado, fechamento dos forros dos módulos e shafts.....	66
4.1.14 Execução do piso intertravado, assentamento de meio fio e concretagem do passeio frontal .....	67
4.1.15 Instalações dos roda meio de madeira .....	69
4.1.16 Instalação dos granitos e soleiras .....	70
4.1.17 Emassamento e pintura.....	71
4.1.18 Projeto de prevenção contra incêndio (PPCI) .....	73
4.1.19 Paisagismo e plantio de grama .....	73
4.1.20 Acabamentos finais de obra .....	74
<b>4.2 Elaboração do cronograma de atividades para execução da obra.....</b>	<b>76</b>
<b>4.3 Vantagens da metodologia construtiva para o gerenciamento da obra.....</b>	<b>84</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores industriais essenciais para o desenvolvimento da sociedade. Ela possui várias metodologias construtivas, e cada método possui suas características fundamentais, quanto a forma de construir, insumos que serão utilizados, mão de obra e processos construtivos. O avanço da tecnologia dos materiais e a industrialização dos processos construtivos têm dado a obra uma dinâmica mais rápida de serem executadas, com menores desperdícios de insumos, recursos humanos e financeiros.

O setor das construções industrializadas, em específico o método construtivo modular, proporciona que as edificações passem a ter uma padronização de suas etapas construtivas e uma melhor qualidade do produto final, garantindo que as empresas consigam produzir de maneira mais eficiente e de forma mais rápida. O aumento da produtividade, o menor tempo de produção, a redução da mão de obra, a redução da geração de resíduos sólidos e padronização são algumas das características dessa metodologia construtiva.

A construção modular vinculada aos conceitos de *Lean Construction*, *Lean Production* e *Lean Thinking* torna o método ainda mais eficaz para a construção de obras públicas e privadas, pois a eficiência e rapidez, o aproveitamento da matéria prima, a mão de obra especializada são características dos processos construtivos modulares, onde parte de sua produção acontece dentro de fábricas e a outra parte no canteiro de obras.

Durante o processo de execução de construções modulares, várias etapas construtivas acontecem simultaneamente. Diante disso, é necessário que o gestor consiga identificar quais as precedências e dependências de cada atividade, para que os insumos necessários sejam comprados e entregues antes do início de cada etapa, evitando atrasos ou desperdícios com recursos humanos e trabalho ocioso.

Diante desse crescimento da construção civil, o planejamento e controle de obra se tornam cada vez mais fundamentais para que os empreendimentos atinjam os seus objetivos finais, como: redução de custos, cumprimento dos prazos e aumento de qualidade. O gerenciamento da obra possibilita que o gestor consiga determinar: a

metodologia construtiva a ser empregada na obra, as etapas e sequencias das atividades, duração das etapas do projeto, desenvolver o cronograma da obra, determinar as atividades críticas, identificar possíveis erros, determinar correções necessárias durante os processos construtivos, bem como aplicar o ciclo PDCA nos processos do projeto. Além disso, a aplicação desses conceitos no gerenciamento de obras modulares pode tornar o processo de construção de forma mais enxuta, reduzindo entulhos e resíduos.

Em Alagoas, um exemplo prático de aplicação desses conceitos está nas construções de creches com construção modular do Programa Criança Alagoana, comumente chamado de Programa CRIA. O governo de Alagoas estima construir 200 Creches CRIA em todo o estado, proporcionando que a população tenha acesso a educação infantil. Isso acabou proporcionando a construção de edificações modulares em regiões onde esse tipo de tecnologia não é comum. Como resultado, o autor deste trabalho acompanhou as obras de construção de sete Creches CRIA, localizadas nas cidades de: Belo Monte, Batalha, Jacaré dos Homens, Monteirópolis, São José da Tapera, Olho D'água do Casado e Pão de Açúcar. Partindo de observações e controles de campo, este trabalho pretende analisar o processo de construção dessa tipologia construtiva e propor um cronograma de obra, de forma a aproximar melhor as ferramentas de planejamento da realidade da obra.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

Elaborar um cronograma de obras para o padrão de construção modular de creches do Programa CRIA em Alagoas.

### **1.1.2 Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analisar e descrever as etapas e processos de uma construção modular de Creches CRIA do Estado de Alagoas.
- Analisar as vantagens da metodologia construtiva para o gerenciamento da obra.
- Estabelecer as etapas de construção do referido padrão e suas precedências.
- Elaborar o Diagrama de redes do projeto.

- Definir o Caminho Crítico para o padrão em estudo.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está dividido em 5 capítulos. Esta introdução que apresenta o tema, os objetivos trabalho e a sua estrutura.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica que serviu de base teórica para fundamentar as características das construções industrializadas e relacionar os métodos de planejamento e controle de obra.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia utilizada neste estudo para obter a análise dos dados e geração dos resultados.

No quarto capítulo é apresentado o estudo caso, descrevendo a metodologia construtiva utilizada e etapas para execução da obra, o cronograma das atividades, suas atividades, caminho crítico e vantagens da construção modular para o gerenciamento da obra.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como suas limitações e propostas de trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Intitulamos a construção civil como sendo o agrupamento das atividades, relacionadas à área da engenharia civil, tendo como objetivo a execução material e intencional dos projetos do homem para se adaptar a natureza ao qual está inserido, ou adaptar a natureza a si.

Com o crescimento populacional e desenvolvimento da sociedade, o setor da construção civil tem produzido novos sistemas com maior eficiência e produtividade para atender o aumento das demandas de moradias e edificações. A construção civil tem elaborado e desenvolvido novas tecnologias e processos visando atender as necessidades de edificações melhor planejadas, redução de modificações durante a execução do projeto, estimulando assim a utilização de sistemas modulares e pré-fabricados (ALMEIDA, 2015).

Esse crescente desenvolvimento da construção civil, gerou a necessidade de que o setor passasse por uma modernização dos seus processos, tendo como finalidade uma maior eficiência na qualidade do produto final, menor desperdício de insumos, menor investimento com mão de obra, redução dos prazos de entrega e otimização dos investimentos. São através dessas demandas que surgem os processos construtivos industrializados, possibilitando uma maior racionalização das etapas e tarefas executadas (ALMEIDA, 2015).

Para a idealização de um projeto e realização de uma obra de engenharia o método construtivo escolhido é fundamental para o andamento do empreendimento, pois, os custos e durações das atividades executadas estão diretamente relacionadas com o modelo construtivo. Com o avanço dos métodos construtivos, a padronização das etapas construtivas vem tornando a qualidade das obras melhores, já que no passado esses aspectos não eram explorados de forma abrangente, além de proporcionar que os requisitos de sustentabilidade e durabilidade sejam potencializados positivamente, pois, a construção industrializada torna o controle dos processos mais precisos e mais fáceis de serem gerenciados.

Com esses avanços nos métodos construtivos e a substituição do sistema construtivo convencional para modelos modulares e pré-fabricados, o canteiro de obras vem deixando gradualmente de ser um espaço de execução para ser um espaço de montagem. Podemos perceber essa mudança com alguns exemplos: estruturas de concreto pré-fabricadas ou pré-moldadas, peças de concreto pré-fabricadas ou

moldadas *in loco*, monoblocos produzidos em fábricas, entre outros. Esses novos modelos utilizados na construção civil requerem uma mão de obra qualificada e métodos de controle atualizados.

Ao longo dos anos ocorreram substanciais atualizações dos métodos construtivos, com emprego de técnicas que aceleram e padronizam a construção. Portanto, o controle tecnológico dos processos vinculados a construção vem aumentando para que os projetos tenham paralelamente sustentabilidade, agilidade e redução dos custos pós-obras (MORAES E LIMA, 2009).

Percebe-se que a modificação dos métodos construtivos está ligada a mudanças culturais na execução de bons projetos, analisando de forma detalhada os riscos e objetivos de ação fundamentados, envolvimento da parte técnica para criação de alternativas em todos os contextos de projeto (projetos, planejamentos, suprimentos e produção), mão de obra qualificada, gerando assim as condições ideais para que os processos ganhem velocidade e qualidade.

As atividades da construção civil possuem uma complexidade e uma polarização enorme. Sendo assim, para que esse ramo de atividades possa se inserir no setor industrial é necessário o desenvolvimento de tarefas de planejamento, controle e programação dos empreendimentos de engenharia, vinculando assim o gerenciamento de projetos as características peculiares da construção civil.

Como afirmado na Introdução, umas das tendências que vêm ganhando cada vez mais força na construção civil, está relacionada a chamada construção modular. Mesmo com esse destaque recente, a construção modular pode ser considerada tão antiga quanto a humanidade, tem suas origens na arquitetura móvel.

A arquitetura móvel teve início com os nômades, onde suas formas de construir se caracterizavam por suas construções que se adequavam aos locais que seriam inseridos e montados. Essas moradias eram em tendas que possuíam estruturas leves, geralmente fáceis de serem transportadas e montadas, pois, se mudavam em busca de alimentos. A evolução dessas edificações passou por diferentes formas de habitação e tipologias construtivas, pois, suas características se adequavam as necessidades dos usuários e aos locais que seriam construídas e montadas, utilizando os insumos que os espaços ofereciam de maneira natural, tornando seus conjuntos habitáveis (ALMEIDA,2015).

Apesar dessas habitações móveis terem iniciado nos primórdios da humanidade, somente a partir do século XXI, impulsionada a partir da revolução

industrial (entre 1760 a 1840), a esfera da edificação foi levada em consideração, moldando os ambientes diante das necessidades dos usuários e seus hábitos diários (BÓGEA, 2009).

Antes da mobilidade da própria edificação, as primeiras modificações que foram realizadas foram no interior da moradia, possibilitando uma maior flexibilização dos ambientes. A partir da Revolução Industrial é que foi inserido a ideia de deslocamento dessas edificações, para conseguir atender as necessidades de reaproveitamento de uma construção temporária, sem ter vínculo com o espaço ao qual foi inserida (ALMEIDA,2015).

Um grupo de arquitetos deram expressão física a essa dinâmica, ficando conhecidos como a chamada 1º geração da arquitetura móvel: Yona Friedman, Frei Otto, Buckminster Fuller e Konrad Wachsmann, apresentaram a tendência denominada “Metadesign” ou projeto de “segunda-ordem” (VASSÃO, 2007).

Segundo o arquiteto Hungaro-Francês Yona Friedman, a arquitetura móvel é definida como sendo aquela que se adapta ao usuário e o lugar inserido, no lugar do usuário de adaptar a ela. Uma das suas principais características era a utilização de novos sistemas e materiais, de elementos locais e tecnológicos simples (HELM, 2012).

A seguir passamos a uma discussão mais recente da industrialização da construção civil e os principais conceitos envolvidos.

## **2.1 Industrialização do processo construtivo**

A construção civil vem desenvolvendo várias mudanças em relação a gestão e execução de obras, utilizando novas vertentes para à maneira de se pensar e executar as tarefas que os processos demandam. Sendo assim, a industrialização da construção emprega de forma racional e mecanizada os insumos, meios de transportes e técnicas construtivas gerando uma maior produtividade (ALMEIDA,2015).

No conceito de industrialização não é necessário que a empresa altere os seus processos construtivos os atrelando a grandes avanços tecnológicos. É necessário apenas que seus processos sejam realizados de forma organizada, possibilitando assim uma maior organização das atividades produtivas (SABBATINI, 1998).

A industrialização consiste em transformar uma empresa de construção de mentalidade artesanal em uma verdadeira indústria, é uma atividade organizacional. Portanto, esse método construtivo apresenta uma maior produtividade considerando que a edificação é totalmente pré-dimensionada e podem ser executadas partes dos seus processos dentro de uma indústria, otimizando assim suas tarefas (BICHINSKI, 2017).

O principal objetivo da construção industrializada é a diminuição do tempo de execução dos serviços, em conjunto com uma maior qualidade da obra. Sendo possível, pois, nesses processos algumas atividades ocorrem de forma simultânea durante o cronograma do projeto. A racionalização, mecanização, automação e pré-fabricação constroem o conceito de industrialização (BICHINSKI, 2017).

Devido ao crescente aumento das demandas e necessidades da sociedade, a construção civil moderna está cada vez mais dependente dos sistemas construtivos industrializados, em virtude de termos maior produtividade em menor espaços de tempo. Com esses métodos construtivos industrializados, parte das etapas de execução da obra são realizadas fora do canteiro de obra, por uma mão de obra mais especializada, melhorando assim a qualidade do produto final.

De acordo com Baptista e Ferreira (2005) a construção industrializada está vinculada a construção modular, todos os itens e processos devem “dialogar entre si”, com isso, o projeto, os fornecedores, montadores e construtores devem relacionar-se entre si, pois, são dependentes uns dos outros. Viabilizando que a “montagem” da obra tenha menores perdas com insumos, com materiais danificados e retrabalhos durante os vários processos que existem no andamento de um empreendimento de construção civil.

Os processos construtivos industrializados estão ganhando mercado e sua difusão e aplicação estão cada vez mais presentes na construção civil. Atualmente as necessidades relacionadas a redução dos custos de produção e eficiência tornam fundamental a utilização de processos construtivos industrializados, pois, são processos que ocorrem dentro de fábricas ou indústrias e posteriormente levados ao canteiro de obra. É necessário que a construção civil se industrialize, porque são através desses processos que serão possíveis obter: um aumento das construções e melhores edificações pelo mesmo custo, ou conseguir construir a mesma quantidade com a mesma qualidade, a um custo menor (SABBATINI, 1989).

É possível analisar e medir o grau de industrialização de um processo através do seu nível organizacional, esse indicador atribui uma relação entre consumo de mão de obra por unidade de área construída (BAPTISTA E FERREIRA, 2005).

A racionalização é a forma de aplicar de maneira organizada as técnicas e recursos objetivando aumentar a produtividade e qualidade dos processos, fazendo o melhor uso dos recursos humanos, dos insumos de construção, dos equipamentos e instalações (SABBATINI, 1989).

Racionalizar é uma atividade necessária para os processos construtivos industrializados, pois, esse processo é definitivo para que a obra cumpra o cronograma das atividades que serão executadas, reduza o custo de produção ao longo dos processos, aumente a qualidade de produção e do produto final (BRUNA, 1976).

A padronização pode ser entendida como, a execução e aplicação de normativos a um ciclo de produção ou a todo o setor produtivo industrializado, com objetivo de harmonizar os processos de produção. Sua utilização possibilita o aumento da produtividade e qualidade, consequência das repetições das tarefas, gerando redução dos possíveis erros e riscos (ALMEIDA, 2015).

Segundo Sabbatini (1989), para desenvolver sistemas construtivos, processo e métodos é necessário refletir sobre os diferentes contextos que os limitam, como: tecnológico, empresarial, social, entre outros. Levando em consideração o contexto tecnológico são necessários: um setor de desenvolvimento tecnológico estruturado, recursos de natureza e volume apropriados essencialmente recursos humanos capacitados, metodologias apropriadas para a condução de processos. A evolução das metodologias de fabricação na construção civil está diretamente ligada aos processos de industrialização e racionalização.

#### 2.1.1 Construções industrializadas, não-industrializadas e parcialmente industrializadas.

De acordo com Teixeira (2012) as construções podem ser diferenciadas através de algumas características, o local (rural e urbano), tipologia de uso (comercial, residencial e industrial), tempo de uso (permanente, semipermanente ou temporário), porte da edificação (pequeno, médio e grande), processo (com os níveis de industrialização), material (madeira, tijolo, concreto, GRC “*Glass Fiber Reinforced Concrete*”, entre outros).

As construções também podem ser diferenciadas através dos seus processos, aos quais estão vinculadas e envolvidas ao grau de industrialização que a edificação se enquadra. Sendo caracterizadas e subdivididas como não industrializadas, parcialmente industrializadas e industrializadas (BAPTISTA E FERREIRA, 2005).

A construção não industrializada se caracteriza pela forma de execução que transforma no canteiro de obra os materiais em sistemas construtivos, se utilizando de mão de obra de forma mais artesanal para desenvolver as tarefas. As principais características dos processos parcialmente industrializados é que a sua construção se utiliza ao máximo das vantagens da industrialização, como armações, kits hidráulicos, portas, janelas, entre outros e a aparência construtiva é de construções não industrializadas. Edificações industrializadas são aquelas em que seus processos construtivos são produzidos em indústrias, podendo ser localizados em obra ou em outro espaço. Este tipo de sistema construtivo possibilita um maior grau de qualidade e padronização. Alguns exemplos desses processos construtivos são: monoblocos produzidos em fábricas, peças e sistemas pré-fabricados, entre outros (ALMEIDA, 2015).

Os processos da construção industrializadas possuem muitas vantagens quando comparado a outros sistemas construtivos com diferentes níveis de industrialização, pois, os produtos finais apresentados possuem maior qualidade e padronização dos acabamentos e processos construtivos. Neste tipo de construção é possível eliminar as improvisações nos canteiros de obras, diminuindo assim os desperdícios de insumos, possíveis erros de execuções, revisões de projetos, tornando a otimização e custo uma das características desses processos. A produção em série na construção industrializada gera maiores benefícios referentes a qualidade do produto final, além de proporcionar seguir de forma mais rígida os cronogramas, evitando atrasos e imprevistos no andamento dos processos, possibilita analisar a produtividade de cada indivíduo que está diretamente envolvido aos processos construtivos.

Uma das desvantagens dos processos construtivos industrializados é que necessitam de altos investimentos iniciais, e mão de obra especializada que são geralmente mais caras que a comum. Tornando sua viabilidade diretamente vinculada a grandes volumes de obras a serem produzidas. Outro problema é a adequação do produto para cada cliente, pois, a padronização nestes processos é o que tornam seus custos menores. Então para atender a demanda de um cliente específico seria

necessário adequar os processos as necessidades apresentadas, contudo como esses processos tendem a ser mais rápidos e dinâmicos seus custos finais podem ser menores, pois, o tempo de execução pode gerar menores gastos durante os vários processos. É importante destacar, que para serem implantados e montados nos espaços da edificação é necessária uma logística de transporte desses sistemas construtivos (ALMEIDA, 2015).

### 2.1.2 Diferença entre pré-moldados e pré-fabricados

Na construção civil existem diferenças básicas para as estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas, elas se distinguem pelo grau de qualidade e de industrialização. Portanto, são através dos seus processos de fabricação, locais em que são produzidas, qualidade final do produto que podemos determinar esses tipos de sistemas (BICHINSKI, 2017).

As construções pré-fabricadas possuem em seu processo um maior grau de industrialização e seu controle de qualidade é mais rigoroso em comparação com os pré-moldados. Sua produção ocorre em escala industrial, com especificações técnicas e mão de obra qualificada. As instalações de fabricação são definitivas, em grande maioria industriais, com espaços destinados a estoques de insumos, almoxarifados, laboratório de análise, entre outros setores. Possibilitando assim um maior controle da qualidade final do produto (ALMEIDA, 2015).

A pré-fabricação pode ser definida como fabricação industrial que acontece fora do canteiro de obras, de parte das estruturas (pilares, lajes, vigas) que possam ser instaladas e utilizadas posteriormente através de ações de montagem (BRUNA, 1976).

A Figura 1 mostra placas de GRC que são produzidas em fábricas, que fazem parte dos módulos:

Figura 1: Produção das placas de GRC dos monoblocos.



Fonte: Autor (2023)

Os sistemas construtivos pré-fabricados proporcionam construir de forma mais rápida, com uma maior racionalização dos insumos utilizados, menor custo com mão de obra nos canteiros de obras, uma maior qualidade de produção, não depende do clima para seguir os processos executivos já que são produzidas em galpões ou indústrias. Um exemplo é a construção modular, que através da coordenação modular proporciona construir edificações inteiras seguindo os processos e projetos. Como mostra a Figura 2:

Figura 2: Módulos sendo produzidos em fábrica.



Fonte: Autor (2023)

Os pré-moldados são os produzidos nos próprios locais das obras, onde seus processos são supervisionados e executados por mão de obra pouco qualificada, inspecionados individualmente ou por lotes, que se destinam a fins específicos de obra, sem estrutura de instalação de produção definitiva ou laboratórios (SIRTOLI, 2015).

Portanto, as principais diferenças entre o pré-fabricado e pré-moldado são os locais onde são produzidos e o controle da qualidade final do produto.

### 2.1.3 A modulação ou coordenação modular aplicada à construção civil

A coordenação modular é a simplificação do mecanismo de objetos que fazem uma relação mútua na etapa de construção ou montagem, necessitando de mínimos ajustes e modificações (MASCARÓ, 1976).

Segundo Greven (2000) a coordenação modular pode ser entendida como a ordenação dos espaços na construção civil. Com seu desenvolvimento entre a Primeira (1914-1918) e a Segunda (1939-1945) Guerras Mundiais e foi fator determinante para impulsionar a reconstrução de edificações residenciais nos países atingidos pela guerra, pois, a rapidez, racionalização e redução dos custos proporcionou um maior avanço para reparar os danos causados. Diante disso, muitos estudos começaram a ser desenvolvidos, mostrando os benefícios que a

Coordenação Modular proporcionou para a racionalização e industrialização da construção civil. O Brasil nos anos de 1950 foi um dos primeiros países a apresentar em nível mundial uma norma de Coordenação Modular, a NB- 25R, e tendo estudos a respeito, nos anos de 70 e início dos anos 80 (BALDAUF, 2004).

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) na publicação “Síntese da Coordenação Modular” definiu esse processo como sendo “a aplicação específica do método industrial por meio da qual se estabelece uma dependência recíproca entre produtos básicos (componentes), intermediários de série e produtos finais (edifícios), mediante uso de uma unidade de medida comum, representada pelo módulo” ([1975]). Na NBR 5706:” Coordenação Modular da construção – procedimentos”, a ABNT (1977) a define como “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência”.

De acordo com Rosso (1976) a coordenação modular pode ser definida de uma perspectiva diferente, ele acredita que esse processo é uma metodologia sistemática de industrialização. O sistema referencial dimensional é dado a partir de medidas com base em um módulo predeterminado (10cm), compatibilizando e organizando de forma racional as técnicas construtivas, componentes dos projetos, e obra, sem sofrer modificações (LUCINI, 2001).

A racionalização da construção é um dos principais objetivos da Coordenação Modular, pois, utilizar os insumos de forma eficiente proporciona que o processo executivo se torne mais rápido e preciso. Sendo assim, é necessário que todas as etapas do ciclo produtivo estejam interligadas, ocorrendo de forma simultânea e indissociável. E são através desses envoltimentos conjuntos que podem ser produzidos diversos objetos específicos (BALDAUF, 2004).

#### 2.1.4 Lean Construction

A Indústria da Construção é definida como uma das mais antigas, e na Europa Ocidental, no decorrer do Império Romano que começou a pensar a construção de uma maneira organizada. Na atualidade, a fase de Projeto é indispensável para uma obra de construção civil, é nessa etapa do processo onde são determinados os sistemas construtivos, os insumos utilizados e equipamentos para execução das atividades (ARANTES, 2008).

Vrijhoef e Kostela (2005), resguardam que o esforço de conciliação e minimização dos impactos é benéfico para a diminuição dos desperdícios vinculado ao processo produtivo, uma das principais características da *Lean Construction*. A construção modular, está diretamente associada as propriedades dos sistemas: *Lean Production*, *Lean Thinking* e *Lean Construction*. Pois, sua produção acontece geralmente em fábricas, onde é possível ter um controle mais rigoroso durante as etapas e processos construtivos, garantindo a qualidade do produto final.

Os modelos de produção, surgem da relação entre os custos de produção e procura existente, em conciliação com estratégias, práticas e formas de organização e do ambiente econômico e social (BOYER E FREYSSENET, 2002).

A *Lean Production*, pode ser entendida como a agregação de técnicas e ferramentas, que podem ser utilizadas por qualquer empresa que vise aperfeiçoar sua eficiência produtiva de forma a produzir com maior variedade, velocidade e qualidade, com custos mais baixos, possibilitando competir no mercado. (WOMACK, 1990)

Womack e Jones (1998), estabelecem um conceito inovador o *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta), proporcionando que qualquer empresa aplique os conceitos desse termo, que são orientados em cinco princípios: Valor, Cadeia de Valor, Fluxo de Valor, Cliente Puxar, Perfeição. De acordo com a concepção Lean, os produtos são desenvolvidos da maneira a fornecer o máximo de valor aos seus compradores ou utilizadores. O desperdício é uma das características fundamentais que define a cultura *Lean*, pois, o desperdício na produção resulta das atividades que não agregam valor final ao produto (ARANTES, 2008).

A construção é uma indústria com séculos de existência, porém a partir da Segunda Guerra Mundial é que os estudos são iniciados para compreender a construção e seus problemas, com objetivo de desenvolver melhorias dos processos produtivos. Algumas características desenvolvidas estão relacionadas a industrialização, as tecnologias da informação na construção, gestão total da qualidade, ferramentas de planejamento e controle, e métodos organizacionais, esses são fatores primordiais de sucesso do projeto e os métodos de aprimoramento da produtividade. Portanto, a *Lean Construction* é uma adequação da *Lean Production* à indústria da construção, elaborada em 1990 através da publicação "*Application of the new production philosophy in the construction industry*" (KOSKELA, 1992).

Segundo Koskela para incorporar a qualidade na produção, é necessário:

- Projetar e utilizar processos que tenham pouca variabilidade;

- Determinar mecanismos para detectar e corrigir defeitos rapidamente;
- Elaborar procedimentos e especificações para as atividades de transformação.

O método construtivo que utiliza estruturas modulares, tem como uma das características fundamentais, a entrega do produto de forma mais rápida e com maior qualidade. A *Lean Construction* é um sistema de produção de execução e gestão de projeto que estima a entrega exata e rápida, instigando como a *Lean Production* a crença entre tempo, custo e qualidade (DAEYOUNG, 2002).

Koskela (1992), atribui que o modelo de processo da *Lean Construction* é um processo que consiste num fluxo de materiais, desde a matéria-prima até o produto final, que é formado por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, e são definidas como atividades de fluxo.

De acordo com Koskela (1992), a *Lean Construction* é caracterizada por 11 princípios fundamentais:

- 1º - Reduzir e eliminar as atividades que não atribui valor;
- 2º - Aumentar o valor do produto mediante consideração das necessidades dos clientes;
- 3º - Reduzir a variabilidade;
- 4º - Reduzir o tempo de ciclo;
- 5º - Simplificar e reduzir os números de passos ou partes nos processos;
- 6º - Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7º - Aumentar a transparência dos processos;
- 8º - Focar o controle no processo global;
- 9º - Introduzir a melhoria contínua dos processos;
- 10º - Manter o equilíbrio entre melhoria dos fluxos e nas conversões;
- 11º - Realizar o benchmarking.

#### 2.1.5 Engenharia simultânea

A engenharia simultânea começou a ser estudada na década de 80, e está vinculada aos princípios do pensamento Lean. Esse conceito, visa abordar de forma sistêmica para implantar, simultaneamente o projeto do produto com os seus processos. Essa abordagem busca estimular os projetistas a refletir sobre todos os elementos do ciclo de vida do projeto, incluindo o controle de qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes (INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES – IDA, 1998).

Sendo assim, a Engenharia Simultânea está relacionada a alguns pressupostos e definições:

- Valorização do projeto – é necessário a valorização do projeto desde a fase de concepção do produto, garantindo assim a qualidade e eficiência durante o processo produtivo;
- Sequência das atividades de projeto – execução em paralelo das etapas do processo de desenvolvimento do produto, de forma a diminuir o tempo de projeto;
- Equipes multidisciplinares de projeto – harmonizar as equipes dos diferentes departamentos, possibilitando que sejam considerados antecipadamente as necessidades dos clientes ao longo do ciclo de produção do produto;
- Estrutura organizacional e interativa entre as equipes de projeto – consiste na interação entre os vários departamentos e especialidades, integrando os trabalhadores em equipes multidisciplinares. Proporcionando a troca de experiência entre os profissionais com a finalidade de aprimorar o processo produtivo;
- Tecnologia da informação – a utilização das tecnologias da informação facilita a comunicação entre as equipes, melhorando as tomadas de decisões durante os processos;
- Coordenação de projetos – deve possuir um coordenador de projeto, que inicie a fase de projeto até a finalização do produto, estimulando o intercâmbio entre as diferentes equipes e seja um mediador de possíveis conflitos;
- Satisfação dos clientes – é necessário identificar os desejos dos clientes, e satisfazê-lo de forma rápida, garantindo a agilidade na formação de novos conceitos de produtos.

As empresas que estimulam a aplicação da engenharia simultânea durante os processos, tem como objetivo principal reduzir o tempo de desenvolvimento de novos projetos. Esses conceitos aplicados as empresas de construção possibilitam que os projetos dos empreendimentos sejam executados de forma mais rápida, vinculando em seus processos os diferentes departamentos e profissionais, reduzindo possíveis erros e aumentando a qualidade final do produto.

Para que todo esse processo seja realizado com sucesso, o planejamento e controle da construção tornam-se essenciais. Dessa forma, na seção seguinte serão debatidos os principais conceitos e técnica relacionados a esse tema.

## **2.2 Planejamento, programação e controle**

Para que uma obra de construção civil se desenvolva de acordo com os objetivos traçados do empreendimento é essencial que o gestor das atividades de execução tenha em mãos todo o gerenciamento do projeto. Levando em consideração as etapas fundamentais para a elaboração do mesmo, que seriam: o planejamento, programação e controle da obra.

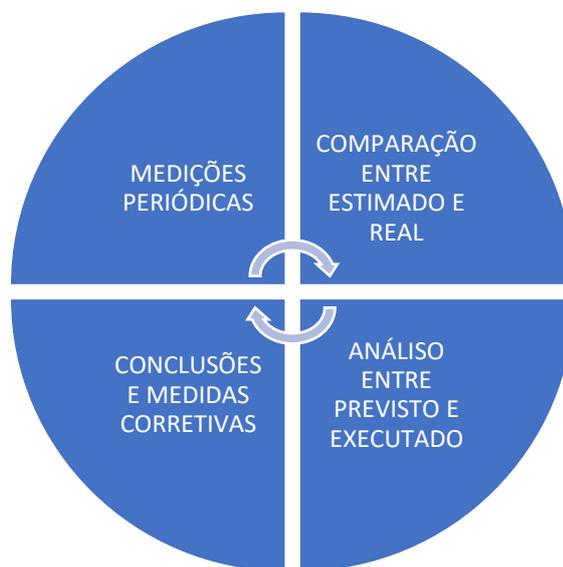
A elaboração planejamento é uma atividade básica, que é antecipada antes mesmo do início do planejamento até sua finalização. Tendo como objetivo principal o plano geral do projeto, caracterizando uma macro visão das tarefas que serão executadas nos diferentes processos. É nessa etapa que é elaborado um plano inicial, racional e lógico, fundamentado nos dados pertencentes ao projeto, denominado plano mestre da obra, tendo sua solidificação por volta dos 30% do projeto executado. O plano mestre da obra deve conter em seu objetivo: a extensão global do projeto, o sistema construtivo que será executado para atender as demandas do uso e necessidade do empreendimento, dimensionamento dos materiais e serviços, período estimado global, valor calculado do empreendimento, dentre outros critérios individuais que variam de projeto para projeto (MATTOS, 2010).

Para a realização do plano mestre é necessário realizar a tarefa de programação, que está vinculada ao planejamento, tendo como característica a micro visão das atividades que serão executadas em todo o projeto. É nessa etapa que se define a forma, o tempo, e com quais recursos quantitativos e estimativos a construção será executada. O nível de detalhamento nessa parte da tarefa do gerenciamento de projeto é mais preciso que na fase do planejamento, pois, a quantidade de atividades que serão executadas será maior e mais precisa, tornando assim os lapsos e desvios de prazos e investimentos menores e menos impactantes. São partes das responsabilidades da programação: fazer uma previsão discriminada sobre os prazos, custos, logísticas e distribuição dos recursos, programas de suprimentos e desembolsos, acompanhamento do processo executivo da obra, análises das metas e processos alcançados, comparações entres os objetivos estimados e realizados, previsão e sugestão de medidas corretivas para as atividades, atualização do sistema

com os resultados coletados em campo, auxiliar nas reprogramações e replanejamento das atividades quando necessários (QUEIROZ, 2001).

Segundo Queiroz (2011) controle é caracterizado por um ciclo sequencial de etapas que se repetem, tornando assim possível um acompanhamento diário da execução dos serviços realizados, com centro na produtividade e nos custos. Abaixo segue um esquema do ciclo do processo de controle. De acordo com a Figura 3:

Figura 3: Esquema do ciclo do processo de controle.



Fonte – Queiroz (2001)

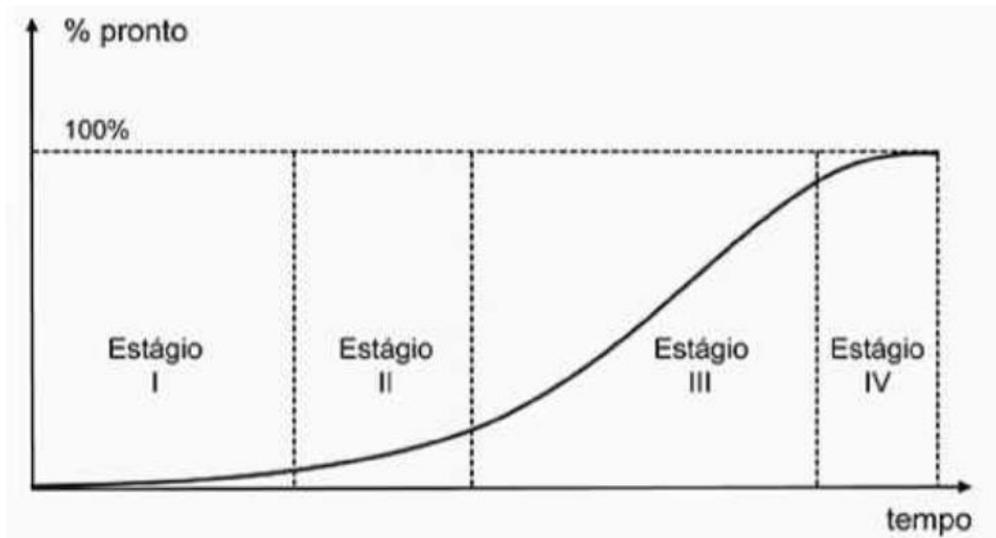
Analisando o ciclo podemos perceber que quanto mais lógico e preciso for o sistema de controle, maior será a segurança e confiabilidade dos planejamentos físicos e financeiros, possibilitando assim uma maior ascensão nos índices de produtividade e redução das perdas, tornando melhor o custo real.

### 2.2.2 Ciclo de vida do projeto

A execução de um empreendimento de engenharia deve seguir uma sequência lógica de desenvolvimento do produto. O ciclo de vida do empreendimento deve possuir fases bem definidas, garantindo que os objetivos sejam alcançados. Cada fase produz um produto que são os dados de entrada para as fases posteriores (MATTOS, 2010).

De acordo com Mattos, o ciclo de vida do projeto pode ser dividido em vários estágios, possuindo uma curva característica que é lenta do estágio inicial, rápida no estágio de execução, e volta a ser lenta na finalização do projeto. A Figura 4 mostra a curva característica do ciclo de vida do projeto:

Figura 4: Ciclo de vida do projeto.



Fonte: Mattos, 2010.

#### Estágio I – Concepção e viabilidade

- Definição do escopo: determinar as linhas gerais do objeto a ser projetado;
- Formulação do empreendimento: delimitação do objeto em fases, lotes, maneira de contratação, entre outros;
- Estimativa de custos: elaboração de orçamento preliminar;
- Estudo de viabilidade: análise e elaboração do custo benefício, baseando-se nos resultados obtidos e no custo orçado;
- Identificação da fonte orçamentária: recursos próprios, empréstimos, linhas de financiamento e solução mista;
- Anteprojeto e projeto básico: desenvolvimento inicial do projeto até a fase do projeto básico.

#### Estágio II – Detalhamento do projeto e do planejamento

- Orçamento analítico: composição de custos dos serviços, vinculados aos insumos e margem de erro mais baixa que a do orçamento preliminar;

- Planejamento: definição do cronograma da obra de maneira mais realista, com prazos definidos e marcos contratuais;
- Projeto básico e projeto executivo: inclusão de todos os elementos para execução da obra, detalhamentos do projeto básico.

#### Estágio III – Execução

- Obras civis – execução dos serviços do canteiro de obras, utilização de mão de obra e equipamentos;
- Controle da qualidade: refletir se os parâmetros técnicos e contratuais estão sendo observados;
- Administração contratual: medições, diários de obras, aditivos de contrato, entre outros;
- Fiscalização de obra: fiscalização das atividades desenvolvidas em campo, supervisão do progresso e andamento da obra.

#### Estágio IV - Finalização

- Comissionamento: testes de funcionamento e operação do produto;
- Inspeção final: avaliação e testes para recebimento final do produto;
- Transferência de responsabilidade: recebimento da obra para destinação final do produto;
- Liberação de retenções contratuais: se a empresa contratante ainda possui valores a serem pagos para a empresa que executou o serviço;
- Resolução das últimas pendências: encontro de contas, pagamento de medições atrasadas, negociações, entre outros;
- Termo de recebimento: pode ser provisório (aguardando os reparos finais do produto) e definitivo;

#### 2.2.1 Métodos de planejamento e controle de obra

Nos últimos anos a construção civil é um dos ramos produtivos que mais sofrem alterações substanciais. A globalização dos mercados, a exigência de bens mais modernos, o aumento da competitividade, o avanço da tecnologia, o aumento do grau de exigências de qualidade do produto, o reduzido recurso financeiro para a execução de empreendimentos, contribuíram para que as empresas percebessem que investir em gestão de controle seria uma estratégia fundamental, pois, sem essa

sistematização gerencial os empreendimentos perdem os principais indicadores: prazo, custo, lucro, o tempo de retorno do investimento e o fluxo de caixa (Mattos, 2010).

O processo de planejamento e controle está vinculado ao desempenho da produção. A falha durante a etapa de planejamento e controle gera em seus processos uma baixa produtividade do setor, elevadas perdas e baixa qualidade do produto. Na construção civil, o planejamento de obra é um processo que garante que o gestor adquira um alto grau de conhecimento sobre as etapas construtivas do empreendimento, aumento da eficiência na condução dos trabalhos. Segundo Mattos (2010), os principais benefícios do planejamento são:

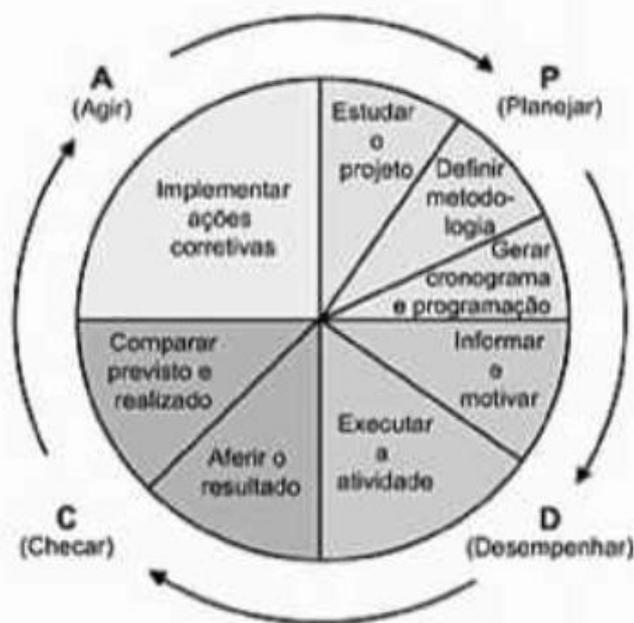
- Conhecimento completo da obra: consiste em realizar o estudo dos projetos, determinação dos métodos construtivos, identificação das produtividades determinadas no orçamento, determinação das durações dos serviços;
- Identificação de situações desfavoráveis: permite ao gerente da obra tomar providências a tempo, executando medidas preventivas e corretivas;
- Tomadas mais rápidas de decisões: o planejamento e controle proporciona uma visão real da obra, servindo de base para decisões gerenciais;
- Vínculo com o orçamento: ao analisar os princípios de índices, produtividade e dimensionamento de equipes no orçamento, o gestor vincula o orçamento com o planejamento do empreendimento;
- Otimização dos recursos financeiros do empreendimento: os recursos financeiros podem ser alocados e utilizados de acordo com as necessidades da obra, levando em consideração a análise do planejamento e visualizando as folgas das atividades, para que os impactos não atrasem a obra;
- Referência para acompanhamento: desenvolver o cronograma da obra, para que seja comparado as atividades previstas com as que foram realizadas. O planejamento original é definido como planejamento referencial ou linha base (baseline);
- Padronização dos processos: nessa etapa são unificados os processos executivos, equipes e direcionamentos para a realização do empreendimento;
- Referência de meta: realização de programas de metas e bônus por cumprimento dos prazos;

- Documentação e rastreabilidade: gera registros escritos e periódicos, o planejamento e controle cria uma linha histórica da obra;
- Dados históricos: os históricos das obras podem servir para tomadas de decisões para execução de obras similares;
- Profissionalismo: mostra o comprometimento da empresa com a execução do empreendimento, proporcionando que o cliente esteja ciente do prazo e custo da obra.

### 2.2.2 Ciclo PDCA

Na década de 1980, com o crescente desenvolvimento das técnicas de gestão alguns princípios fundamentais passaram a conduzir o gerenciamento das obras. O princípio da melhoria contínua, permite que o processo tenha um controle permanente do desempenho dos meios empregados, promovendo uma alteração mais simples dos procedimentos para alcançar as metas. A melhoria contínua é bem definida e ilustrada na Figura 5 através do ciclo PDCA (Planejar, Desempenhar, Checar e Agir), e esse processo deve ser realizado continuamente durante a execução da obra. Diante das várias variáveis envolvidas na execução de um projeto, o ciclo PDCA é fundamental para a construção civil, aumentando a relação entre o planejamento, o controle e as ações preventivas e corretivas necessárias (MATTOS, 2010).

Figura 5: Ciclo PDCA



Fonte: Mattos, 2010

Originalmente o ciclo PDCA foi estudado e caracterizado por Walter Shewart na década de 1920, mas cresceu com Edwards Deming na década de 1950, com a publicação dos famosos princípios do Gerenciamento da Qualidade Total (TQM), alguns desses princípios são:

- Constância de propósitos para atingir a melhoria do produto e do serviço.
- A qualidade do produto nasce no estágio inicial.
- As pessoas devem trabalhar em equipe, entre os departamentos, visando prever problemas e soluções.
- O processo de melhoria é atribuição de todos.

Segundo Mattos, as etapas que caracterizam o ciclo PDCA mostrado na figura acima podem ser conceituadas da seguinte forma:

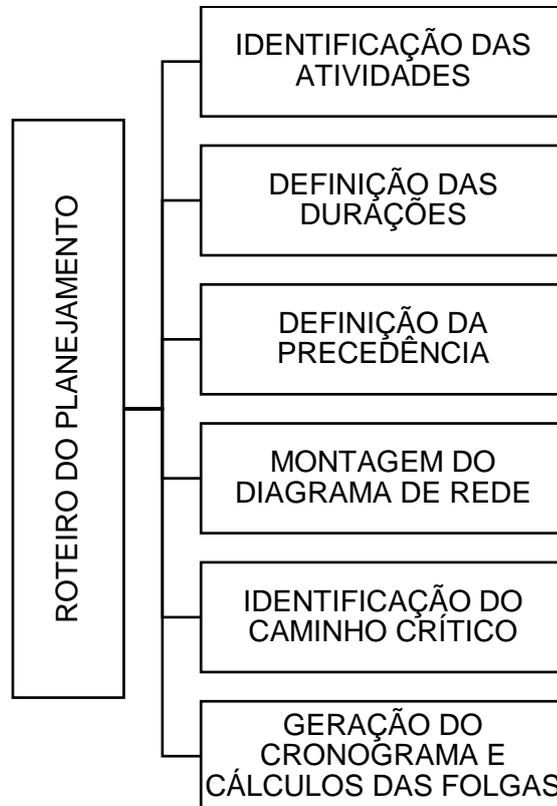
- Planejar – Nessa fase, a equipe do planejamento da obra visa prever a lógica construtiva, produzindo informações relacionadas aos prazos e metas físicas. Essa etapa pode ser subdividida em três departamentos: estudar o projeto, definir metodologia construtiva, desenvolver o cronograma e as programações;
- Desempenhar – Essa etapa consiste em materializar o planejamento no canteiro de obras, o que foi desenvolvido em projeto terá sua realização física. Subdividindo-se em dois setores: informar e motivar, executar a atividade;
- Checar – Realizar a verificação do que foi previsto em projeto para o que foi realmente executado, determinando as diferenças relativas dos prazos, custos e qualidade. Dividindo-se nas seguintes fases: aferir o realizado, comparar previsto e realizado;
- Agir – Esse processo consiste no encontro de opiniões e sugestões dos envolvidos na operação, proporcionando a identificação de melhorias contínuas nos processos, diminuição dos erros, mudanças de estratégias, correções necessárias, entre outros.

### 2.2.3 Roteiro do planejamento

Na construção civil, o planejamento de obra é fator determinante para atingir os objetivos desejados. Em cada etapa do processo, reúnem-se elementos de atividades anteriores e a elas acrescentam-se algo. A elaboração do roteiro do planejamento é uma atividade progressiva e lógica. (MATTOS, 2010)

De acordo com Mattos, o roteiro do planejamento como mostra a Figura 6 pode ser dividido em algumas etapas, sendo elas:

Figura 6: Atividades que compõem a elaboração do roteiro do planejamento.



Fonte: Mattos (2010)

- Identificação das atividades – Essa etapa consiste em determinar as atividades que constituirão o cronograma da obra, requer uma atenção maior dos gestores, pois, a falta de identificação de uma atividade pode impactar o prazo, o custo, e qualidade da obra. E elaboração da Estrutura Analítica de Projeto (EAP), é a forma mais simples de constatar as atividades através de uma estrutura hierárquica;
- Definições das durações – Toda atividade do cronograma possui uma duração vinculada a ela. A duração é a quantidade de tempo (em horas, dias, semanas ou meses) que uma atividade é realizada. Algumas dessas tarefas possuem duração fixa, independente dos recursos investidos e outras a duração depende da quantidade de recursos. Nesse processo há três grandezas que se relacionam: a quantidade de serviço, produtividade, e quantidade de recursos alocados. Assim, a obra possui um vínculo entre o orçamento e planejamento;

- Definição da precedência – compreende na sequência das atividades. A precedência é a dependências entre as tarefas, de acordo com a metodologia construtiva da edificação. Analisando as atividades executivas, e determinando um vínculo entre elas é possível criar uma espinha dorsal lógica do cronograma. Nessa etapa é necessário que a equipe da obra especifique: o plano de ataque da obra, vínculo entre as atividades, sequência lógica dos serviços;
- Montagem do diagrama de rede – desenvolvido o quadro de sequenciação com a lógica construtiva da obra e as durações atribuídas a cada atividade, é possível desenvolver a representação gráfica das atividades e suas dependências lógicas através de um diagrama de rede. Designa-se rede o conjunto de atividades vinculadas entre si, que descrevem claramente a lógica de execução do projeto. O diagrama é o modelo da rede em forma gráfica que proporciona o entendimento do projeto como um fluxo de atividades. É a partir do diagrama de rede que a visualização da correlação entre as atividades e serve de matriz para a determinação do caminho crítico e das folgas pela técnica PERT/CPM. Os métodos mais utilizados para a formação do diagrama de rede são: o método das flechas e o método dos blocos. Os dois detectam o caminho crítico e as folgas de cada atividade do planejamento;
- Identificação do caminho crítico – o caminho crítico é a sequência de atividades que provoca o caminho mais longo, definindo assim o prazo total do projeto. As atividades que podem impactar o tempo de execução da obra são denominadas de atividades críticas, e o caminho que une essas atividades é denominado de caminho crítico;
- Geração do cronograma e cálculos das folgas – o objeto final do planejamento é o cronograma, simbolizado sob a forma de gráfico de Gantt. É uma ferramenta fundamental de gestão, pois, mostra de forma simples a posição de cada atividade que será desenvolvida ao logo do tempo.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho tem como metodologia identificar, de modo geral, as características fundamentais das construções industrializadas, abordando as vantagens dos sistemas construtivos modulares e os principais métodos utilizados no planejamento e controle de obras. O autor realiza uma atividade técnica que abrange o acompanhamento da construção de sete Creches CRIA, para identificar as principais atividades construtivas e suas etapas, estabelecendo assim a precedência e dependência entre cada etapa construtiva, constatando as durações previstas de cada atividade, e proporcionando elaborar um cronograma de obra, identificando os possíveis caminhos críticos do projeto.

O acompanhamento da obra é caracterizado como de rotineiro, ou seja, uma visita programada em prol de acompanhar os serviços que estão sendo executados, identificando as atividades que estão ocorrendo simultaneamente, e visualizando as dependências entre cada etapa construtiva. Os métodos utilizados nesta pesquisa são: descritivos, mostrando as etapas construtivas de uma edificação modular da Creche CRIA e analisando a relação entre as atividades executivas da obra, e explicativo, descrevendo como ocorrem os processos durante a montagem dos módulos em obra e explicitando como o método construtivo é aplicado na prática.

A presente pesquisa executa a explanação do tema proposto, aprofundando o conhecimento sobre a construção modular. As etapas construtivas identificadas foram analisadas conforme o referencial bibliográfico citado neste trabalho, objetivando descrever este tipo de tecnologia construtiva e permitindo elaborar um cronograma de planejamento das atividades previstas da obra.

#### **3.1 – Caracterização da área de estudo**

As obras que foram realizados os acompanhamentos das etapas construtivas estão localizadas nas cidades de: Belo Monte, Batalha, Jacaré dos Homens, Monteirópolis, Pão de Açúcar, São José da Tapera e Olho D'água do Casado, totalizando sete obras e todas localizadas no sertão Alagoano. O tempo para construção da edificação é de 120 dias, o que torna seus processos construtivos mais

rápidos e dinâmicos, as obras em estudo possuem o método construtivo modular, onde, são produzidos os monoblocos em fábrica e montados no canteiro de obra.

O estudo de caso, se desenvolveu desde o início da obra até suas respectivas inaugurações, onde foi possível determinar as várias atividades que se desenvolveram no canteiro de obra, e determinar uma relação de dependência entre elas, tornando seus processos lógicos e sequenciais.

### **3.2 – Desenvolvimento do cronograma**

A elaboração do cronograma se desenvolveu a partir do levantamento das durações previstas através do acompanhamento do estudo de caso, onde os dados foram retirados através da experiência construtiva ao longo do empreendimento. Caracterizadas e estabelecidas as principais atividades que fazem parte da construção da edificação, foi obtido as durações de cada processo. O cronograma da obra tomou como base as durações previstas de cada etapa, e sua elaboração ocorreu através do Gráfico de Gantt, que proporciona uma melhor visualização das atividades, suas dependências e relações. O Gráfico de Gantt é uma ferramenta visual para gerenciar o cronograma de um projeto, auxiliando a avaliar os prazos de entrega das atividades e os recursos críticos do projeto através de um gráfico que proporciona a visualização de um painel com as atividades que necessitam ser executadas, a relação de precedência entre elas, início de cada etapa, durações das atividades, responsável e previsão de finalização da atividade.

O tempo total para a execução dos processos foram de acordo com o estabelecido inicialmente, que seriam 120 dias. E conseqüentemente todas as etapas que compõem o cronograma estão relacionadas em termo de precedências entre elas, tornando o cronograma da obra lógico e funcional. Permitindo que o gestor da obra consiga prever a demanda de insumos, adequação da mão de obra, a logística dos insumos, entre outras atividades.

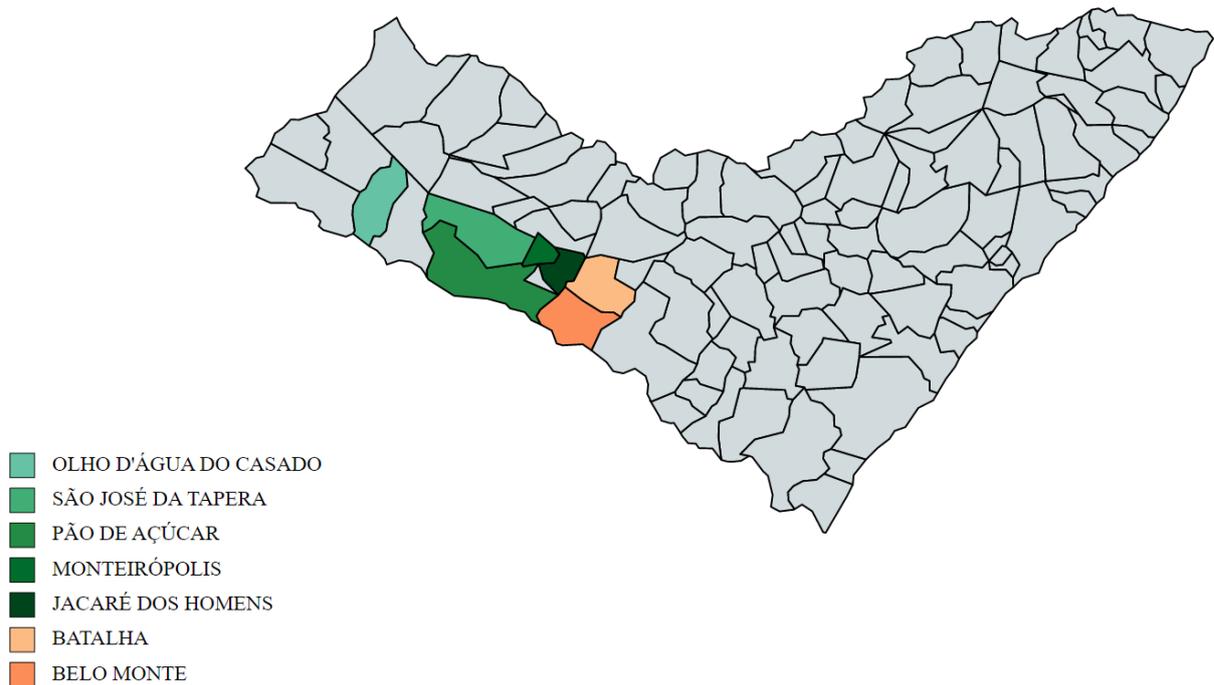
A partir do Gráfico de Gantt foi possível determinar o caminho crítico do projeto, dando a capacidade para o gestor de analisar qual o melhor procedimento durante a realização dessas etapas, pois, o atraso que venha a ocorrer nesses processos impacta diretamente o prazo final da obra.

#### 4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão apresentados o método construtivo e as etapas dos processos que são necessários para a execução da obra. A construção modular proporciona uma construção mais rápida, com uma maior qualidade e com baixo custo de mão de obra. Esse processo construtivo ocorre de forma simultânea, parte é realizado dentro da “fábrica” e outra no canteiro de obras, tornando a metodologia mais eficaz e assertiva quando relacionada ao prazo de obra, cronograma de atividades, custos diretos e indiretos da construção, entre outros.

O estudo foi realizado analisando e acompanhando a construção de sete Creches Cria do governo do Estado de Alagoas, localizadas nas cidades de: Batalha, Jacaré dos Homens, Monteirópolis, Belo Monte, São José da Tapera, Pão de Açúcar e Olho D’água do Casado. O mapa da Figura 7 mostra a localização das cidades:

Figura 7: Municípios onde as obras foram executadas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O estudo leva em consideração o modelo construtivo modular, e as vantagens que essa metodologia traz para a construção civil. Proporcionando que o gerenciamento da obra fique mais preciso, pois, os processos realizados entre fábrica e canteiro de obra acontecem de forma simultânea e em locais diferentes. Gerando uma maior qualidade na entrega final do produto.

A edificação das sete obras possui um terreno medindo 40 metros de frente, por 40 metros de fundo. Totalizando uma área de 1.600 m<sup>2</sup> de terreno, onde 468m<sup>2</sup> são de área construída com os módulos de GRC (Glass Fiber Reinforced Concrete) e Stud Frame. Os módulos possuem medidas padronizadas de 3 metros de largura por 6 metros de comprimentos, e seguem uma ordem de montagem formando assim a planta baixa da estrutura. Ao todo são 26 módulos que unidos formam a edificação como mostra o Anexo A. Sendo assim, os monoblocos são produzidos dentro da fábrica da empresa, e no canteiro de obra ocorre os serviços iniciais da estrutura de acordo com os Anexos B e C, e após a montagem todos os serviços são direcionados ao canteiro de obra, onde serão finalizados todos os processos e etapas de execução.

#### **4.1 Etapas e processos construtivos**

##### **4.1.1 Produção dos monoblocos**

A produção dos monoblocos acontece dentro de uma fábrica que fica localizada na cidade de Maceió – AL. Os módulos são produzidos com dimensões de 3 metros de largura, por 6 metros de comprimento. O material utilizado é o GRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete*), que é um compósito, ou seja, um material formado através da combinação de outros matérias. Os materiais cimentícios possuem uma boa resistência em relação a compressão, contudo em relação a tração apresentam uma baixa resistência, essa resistência a tração geralmente é tratada utilizando armações de aço. O GRC apresenta uma característica diferente, em sua composição é utilizado a fibra de vidro para absorver as solicitações dos esforços de tração e flexão. (LAMEIRAS, 2007)

O processo de produção dos monoblocos com as placas de GRC (Glass Fiber Reinforced Concrete) e *Stud Frame*, tem duração de sete dias. Essa etapa consiste na produção dos módulos que serão montados em obra, executando assim a estrutura metálica (Vigas e Pilares), pisos de concreto, forros em gesso acartonado, instalações hidráulicas, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas (eletrodutos), estrutura em stud frame (parte interna dos módulos) e placas de GRC (parte externa dos módulos). A Figura 8 mostra o módulo finalizado, e pronto para receber os acabamentos.

Figura 8: Módulo finalizado para receber acabamentos.



Fonte: Autor (2023)

Após a execução e produção dos monoblocos os módulos podem receber as atividades executivas de acabamento como: execução do revestimento cerâmico, instalações elétricas, instalações hidráulicas (acabamentos), instalações hidrossanitárias, louças e metais sanitários, instalações dos ar-condicionados, instalação de esquadrias de alumínio, instalação de esquadrias de madeira. Na Figura 9 podemos ver o monobloco recebendo os acabamentos finais, para serem enviados para a obra.

Figura 9: Módulo com os acabamentos de cerâmica e esquadrias de alumínio.



Fonte: Autor (2023)

#### 4.1.2 Terraplanagem do terreno

A terraplanagem do terreno é a etapa inicial para as atividades que irão se desenvolver no canteiro de obra, é necessário que seja levado em consideração os acessos e níveis da rua, para que a obra fique a um nível mais alto, evitando assim que as águas pluviais dos períodos chuvosos gerem transtornos para os usuários da edificação. A duração dessa tarefa é estimada em sete dias, e acontece simultaneamente a produção dos módulos em fábrica. A Figura 10 mostra a atividade sendo executada de forma mecanizada, onde a compactação do solo é fator determinando para evitar futuros recalques.

Figura 10: Terraplanagem e compactação do terreno.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.3 Locação, gabarito e canteiro da obra

A locação da obra é a etapa onde serão determinados o local onde a estrutura será construída, o esquadro da edificação, os pontos onde serão necessários executar vigas baldrame, blocos de sapatas, fossa séptica, caixas de passagens, entre outras atividades, garantindo assim que a edificação mantenha suas dimensões de projeto, funcionalidade e qualidade.

Como mostra na Figura 11, é realizado um gabarito de madeira ao redor do terreno, onde serão fixados os pontos de cada bloco de sapata e viga baldrame, possibilitando assim que todos os pontos da fundação sejam executados de acordo com o projeto estrutural.

Figura 11: Execução da locação e gabarito da obra.



Fonte: Autor (2022)

O canteiro de obra é fundamental para a organização e o processo construtivo. Nesse local serão desenvolvidas as operações de uma obra, estoque de insumos, produção de armações de blocos de sapatas e vigas baldrame, montagem das formas de madeiras, refeitório para os funcionários, escritório, banheiros, entre outras atividades. Garantindo assim uma otimização dos espaços.

#### 4.1.4 Fundação

A fundação da obra é composta por 104 blocos de sapatas, onde 87 blocos possuem dimensões de 60x60x40cm (estes recebem os monoblocos), 14 blocos com dimensões de 80x80x50cm (para os brises da fachada frontal e pórtico da cobertura do pátio), 02 blocos de dimensões 145x100x50 cm (para o pórtico da fachada frontal) e 01 bloco com dimensões de 250x250x80 cm (fundação do Castelo D'água). As armações dos blocos de sapatas são de aço CA-50 de 8 mm, e para a fundação do castelo d'água as armações são de 10 mm e 12 mm seguindo detalhamento de projeto, e o concreto utilizado é de 30 Mpa.

Nesta etapa, como vemos na Figura 12 são produzidas as armações das vigas baldrames, blocos de sapatas e fôrmas de madeira para execução da fundação da obra. Em seguida é realizado a locação das fôrmas de madeira e armações da fundação.

Figura 12: Execução das armações da fundação e fôrmas de madeira.



Fonte: Autor (2022)

Após a locação de todas as fôrmas de madeira e armações, é realizado o nivelamento das mesmas. Com isso, o processo de concretagem da fundação está liberado para ser executado. Foram necessários 43,46 m<sup>3</sup> de concreto para executar toda a estrutura de fundação, sendo que: 23,46 m<sup>3</sup> são para todos os blocos de sapatas e 20 m<sup>3</sup> para as vigas baldrames. Assim, são utilizados para a concretagem 04 caminhões betoneiras com 11 m<sup>3</sup> cada um. Na Figura 13 podemos observar a

fôrma de madeira da sapata do castelo d'água sendo finalizada para realizar a concretagem.

Figura 13: Locação e nivelamento das armações e fôrmas de madeira.



Fonte: Autor (2022)

A etapa da concretagem da fundação foi dividida em dois dias, no primeiro dia ocorreu a concretagem dos blocos de sapatas e no segundo dia a concretagem das vigas baldrames. A Figura 14 mostra a etapa da concretagem dos blocos de sapatas sendo executada.

Figura 14: Concretagem da fundação.



Fonte: Autor (2022)

Com a finalização da concretagem e após o tempo de cura do concreto é iniciada as atividades de impermeabilização da fundação e execução da alvenaria de blocos de concreto. Na Figura 15, observamos a fundação concluída e sendo realizada a impermeabilização dos blocos de sapatas.

Figura 15: Finalização da concretagem da fundação e impermeabilização.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.5 Execução da alvenaria de blocos de concreto, fossa séptica, caixas de passagens e pingadeiras.

Com a finalização da concretagem, a cura do concreto da fundação e impermeabilização, é iniciada a execução da alvenaria da edificação. Esta etapa do processo consiste em executar 264 m<sup>2</sup> do muro de alvenaria de blocos de concreto, fossa séptica, caixas de passagens (instalações hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais), casa de gás, casa de bombas e fechamento em alvenaria das sapatas que irão receber os módulos. Na Figura 16, vemos a execução da primeira fiada dos blocos da alvenaria de concreto, onde é nivelada para que a continuidade da execução fique de acordo com a especificação em projeto.

Figura 16: Execução da alvenaria de blocos de concreto.

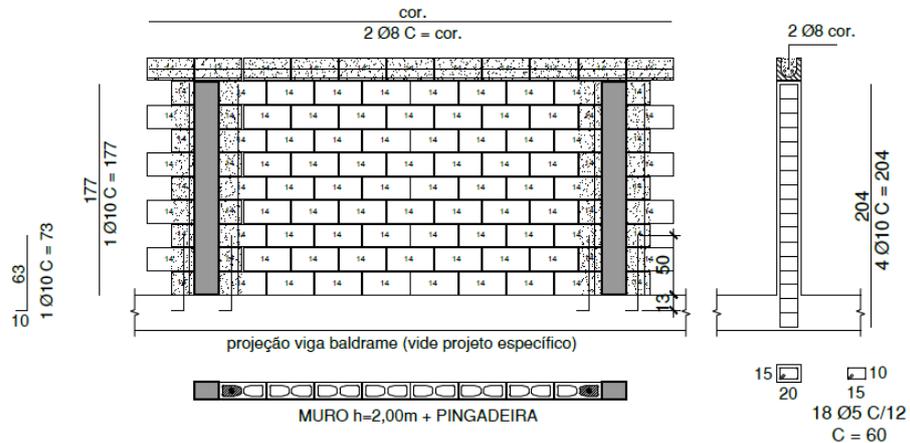


Fonte: Autor (2022)

A execução do muro de alvenaria foi realizada de acordo com as especificações de projeto, como mostra a Figura 17, que indica que os pilares são localizados a uma distância de 3,40 metros (esses pilares foram grauteados e suas armações utilizam aço CA-50 de 8 mm) e o muro de alvenaria é de 2 metros de altura. O muro possui uma junta de dilatação a cada 10 m, evitando fissuras que acontecem quando os insumos trabalham com as diferentes temperaturas do dia.

Figura 17: Detalhamento das armações dos pilares do muro de alvenaria de blocos de concreto.

DETALHE TÍPICO MURO h=2,00m  
ESC.:1/50



Fonte: Verdi Sistemas Construtivos LTDA (2021)

Simultaneamente ao processo de execução do muro de alvenaria de blocos de concreto, outras atividades foram executadas em paralelo, entre elas estão: fossa séptica, caixas de passagens para as instalações hidráulicas, hidrossanitárias e pluvial. Tornando o processo produtivo do canteiro de obras bem mais dinâmico e fluído. Na figura 18, notamos as atividades de execução da fossa séptica acontecendo simultaneamente com a alvenaria de blocos de concreto.

Figura 18: Execução da fossa séptica.



Fonte: Autor (2022)

Durante a execução do muro de alvenaria foram realizados dois grauteamentos das canaletas, observamos da Figura 19 que o primeiro ocorre na metade da altura do muro onde é locado e nivelado a armação da cinta de aço CA-50 de 6.3 mm, e a segunda na última fiada do muro de acordo com o projeto. Em seguida são assentadas as pingadeiras do muro.

Figura 19: Grauteamento das canaletas de concreto.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.6 Execução das instalações hidráulicas, hidrossanitárias, pluviais e SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas).

A etapa executiva das instalações hidráulicas, hidrossanitárias, pluviais e SPDA podem acontecer simultaneamente a execução da alvenaria de blocos de concreto, isso proporciona uma maior velocidade no andamento dos processos construtivos da obra. A obra foi aterrada depois da finalização da execução dessas instalações, evitando a necessidade de escavação para as devidas instalações e proporcionando uma maior produção da tarefa. Na Figura 20 notamos que as instalações são executadas antes do aterramento total da obra, evitando a necessidade das escavações.

Figura 20: Execução das instalações hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais.



Fonte: Autor (2022)

É importante destacar que mesmo sem os módulos em obra as instalações hidráulicas, pluviais e esgoto podem ser executadas por completo, sendo necessário apenas a ligação das instalações do módulo para as tubulações das instalações executadas em obra. A Figura 20 mostra a execução das instalações hidráulicas, acontecendo simultaneamente com a execução da alvenaria de blocos de concreto.

Figura 21: Execução da alvenaria e as instalações hidráulicas.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.7 Aterramento da parte interna da obra

O aterramento da parte interna da obra acontece após a finalização dos serviços e execuções das instalações de SPDA, hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais. É importante destacar que a área onde serão montados os módulos não recebem aterro, pois, este espaço entre os módulos e o terreno servirá para manutenções das instalações se necessário, tornando este processo mais fácil. De acordo com a Figura 22:

Figura 22: Aterramento da obra.



Fonte: Autor (2022)

Como as instalações de esgoto, água fria e pluvial são executadas antes do aterramento da obra é necessário que o aterramento seja de forma manual, evitando que as tubulações sejam danificadas com o tráfego de máquina ou caminhão no terreno. Como mostra a Figura 23:

Figura 23: Compactação do aterro da parte interna da obra.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.8 Montagem dos módulos em obra

Essa etapa consiste na montagem dos módulos que foram produzidos em fábrica, no canteiro de obra. Os 26 módulos possuem dimensões de 3 metros de largura por 6 metros de comprimento. Esses monoblocos são transportados por 13 carretas, cada uma delas com dois módulos. A duração da montagem dos monoblocos é em média de 7 horas, e é necessário um guindaste de 70 toneladas para a execução. Além de seguir o projeto de montagem, pois, cada módulo produzido recebe uma numeração para que no mapa de montagem da obra seja determinado o local exato da instalação do monobloco. Os módulos são numerados da seguinte forma: ML-90 até ML-115. A figura 24 mostra o transporte dos monoblocos:

Figura 24: Transporte dos módulos.



Fonte: Autor (2022)

A montagem dos monoblocos pode ser iniciada através da instalação dos módulos ML-90, ML-101, ML-106 e ML115. Esses módulos da extremidade serão os pontos iniciais da montagem, logo todos os outros monoblocos devem seguir a sequência da planta de montagem. A Figura 25 ilustra o esquema da planta de montagem dos módulos:

Figura 25: Planta de montagem dos monoblocos.

ML-90	ML-91	ML-92	ML-93	ML-94	ML-95	ML-96	ML-97	ML-98	ML-99	ML-100	ML-101
ML-102										ML-103	

ML-104							ML-105			
ML-106	ML-107	ML-108	ML-109	ML-110	ML-111	ML-112	ML-113	ML-114	ML-115	

Fonte: Autor (2023)

É necessário conferir durante a montagem dos módulos, o esquadro da obra, evitando erros durante o processo. Como os módulos já vem com o revestimento do piso (e a aplicação segue um projeto de paginação de piso), é importante que a junção do módulo seja executada corretamente, para que o alinhamento do revestimento cerâmico fique de acordo com o especificado em projeto. De acordo com a Figura 26:

Figura 26: Montagem dos monoblocos no canteiro de obras.



Fonte: Autor (2022)

Os módulos onde são localizados os banheiros, saem de fábrica com o revestimento cerâmico praticamente finalizado (faltando apenas rejuntar), com louças sanitárias, esquadrias de alumínio e madeira, como mostra a Figura 27:

Figura 27: Banheiro funcionários masculino.



Fonte: Autor (2022)

Finalizada a montagem, várias frentes de serviços podem começar a ser executadas, como: estrutura metálica de cobertura, execução do piso de concreto despolado, fechamento dos forros dos módulos (união dos monoblocos), finalização do revestimento cerâmico, entre outras atividades. A Figura 28 mostra os monoblocos montados no canteiro de obra:

Figura 28: Montagem dos monoblocos finalizada.

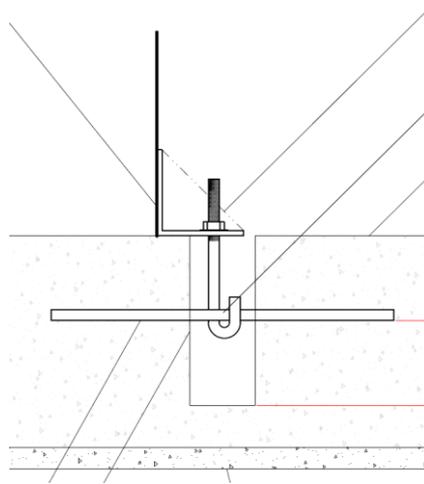


Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.9 Instalação do reservatório metálico

O reservatório metálico pode ser instalado em obra no dia da montagem (utilizando o guindaste) ou durante outra etapa da obra (através de um caminhão Munck), a capacidade do reservatório é de 15 mil litros. Após ser posicionado em cima do bloco de sapata e de acordo com os nichos, são colocados ganchos pescadores na base do reservatório, e em seguida é grauteado o nicho. De acordo com as Figura 29 e 30:

Figura 29: Detalhamento dos ganchos pescadores com o bloco de sapata.



Fonte: Verdi Sistemas Construtivos LTDA (2021)

Figura 30: Instalação do reservatório metálico.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.10 Execução da estrutura metálica da cobertura e esquadrias

A soldagem dos monoblocos é a primeira atividade da estrutura metálica, responsável por unir os módulos de forma permanente. Nessa etapa do processo de

construção da estrutura metálica, existem algumas atividades que acontecem simultaneamente, entre elas: produção das esquadrias metálicas (portões e grades), execução dos perfis metálicos para estrutura da cobertura metálica, execução das calhas, execução dos rufos metálicos, instalação do gradil da fachada frontal, soldagem das platibandas, e fixação das telhas da cobertura metálica. Como ilustra a Figura 31:

Figura 31: Soldagem dos módulos.



Fonte: Autor (2022)

Finalizada a soldagem dos monoblocos, é iniciada a execução da estrutura da cobertura metálica, composta por: terças, pontaletes metálicos, perfis metálicos (vigas e pilares), pórticos metálicos da cobertura do pátio. Primeiro, os perfis metálicos (pilares) são fixados e nivelados nos blocos de sapatas, e soldado a estrutura metálica. Em seguida são soldadas as vigas entre os pilares e simultaneamente os pontaletes para receber as terças. Como mostra a Figura 32:

Figura 32: Execução da estrutura metálica.



Fonte: Autor (2022)

A instalação das platibandas, soldagem das terças e perfis para as calhas da cobertura, são atividades executadas paralelamente. Em seguida são fixadas as telhas da cobertura metálica, a Figura 33 mostra a cobertura dos módulos finalizada.

Figura 33: Cobertura metálica sendo executada.



Fonte: Autor (2022)

A produção das esquadrias metálicas das grades e portões é uma atividade que pode ser executada simultaneamente com a estrutura metálica de cobertura, e esse processo pode ser realizado num local específico dentro do canteiro de obra, de acordo com a Figura 34, onde todas as esquadrias serão cortadas, soldadas, pintadas com fundo galvanizado e tinta esmalte.

Figura 34: Execução das esquadrias metálicas (grades e portões)



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.11 Execução do piso de concreto desempolado

O piso de concreto desempolado, possui uma área de 455,58 m<sup>2</sup> onde o concreto utilizado tem uma resistência de 25 MPa com espessura de 12 cm. Antes da concretagem é realizado um gabarito de madeira para fazer a demarcação do piso de concreto, em seguida o nivelamento para que toda a área do piso fique com a espessura determinada em projeto. A compactação do solo é executada de forma mecanizada, evitando que futuramente ocorra alguma deformação no piso por conta dos vazios no solo. O volume de concreto para execução do piso é de 55 m<sup>3</sup>, esse concreto é usinado para que a resistência e qualidade possa atender as necessidades de projeto. A Figura 35, mostra o gabarito para execução do piso de concreto:

Figura 35: Gabarito de madeira para execução do piso de concreto desempolado.



Fonte: Autor (2022)

São necessários 5 caminhões betoneiras e uma bomba de concreto, cada um com um volume de 11 m<sup>3</sup>. A execução foi iniciada pela área do solário, em seguida a parte dos corredores e pátio, finalizando a concretagem no corredor frontal dos brises. De acordo com as Figuras 36 e 37:

Figura 36: Concretagem do piso do solário.



Fonte: Autor (2022)

Figura 37: Piso dos corredores e pátio concretado.



Fonte: Autor (2022)

O polimento do piso é executado após a concretagem como mostra a Figura 38, e no dia posterior é realizado os cortes no piso para as juntas de dilatação. Evitando que o piso sofra fissuras e rachaduras. Durante o processo de cura do concreto, é importante que toda a área do piso seja molhada durante sete dias, para que sua resistência seja garantida.

Figura 38: Polimento do piso de concreto desempolado.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.12 Execução das instalações elétricas e rede de lógica

Nessa fase da execução das instalações elétricas em obra, são realizados os cabeamentos dos circuitos nos corredores educacionais, administrativo e de serviço para os quadros de distribuição, e também a ligação dos circuitos dos módulos com os cabeamentos lançados em obra, de acordo com a Figura 39. Nessa etapa, também é executado a rede de lógica da creche.

Figura 39: Execução das instalações elétricas.



Fonte: Autor (2022)

A rede de lógica possui 19 tomadas para telefones e 19 tomadas para rede de lógica, o rack fica na sala multiuso.

#### 4.1.13 Execução do forro em gesso acartonado, fechamento dos forros dos módulos e shafts.

A execução do forro em gesso acartonado ocorre após a finalização das instalações elétricas e rede de lógica, como ilustram as Figuras 40 e 41. A área do forro é de 262 m<sup>2</sup>, foram executados 8 shafts para a descidas das águas pluviais (tubulações) e dois para os eletrodutos dos quadros de distribuição. É necessário realizar o fechamento dos forros dos módulos, onde acontece a união de um módulo com o outro.

Figura 40: Execução do forro em gesso acartonado.



Fonte: Autor (2022)

Figura 41: Emassamento das juntas de dilatação do forro.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.14 Execução do piso intertravado, assentamento de meio fio e concretagem do passeio frontal

Para a execução do piso intertravado a área do piso precisa ser aterrada e compactada, nesse processo as etapas executivas consistem em realizar: o colchão de areia, nivelamento do aterro, assentamento do meio fio e por fim o assentamento do piso intertravado. Como mostra a Figura 42:

Figura 42: Execução do aterro do piso intertravado e assentamento do meio fio.



Fonte: Autor (2022)

O projeto determina duas espessuras para os blocos do piso intertravados, um com altura de 6 cm para parte interna da obra e a outra com espessura de 8 cm para a área do estacionamento. A área total do piso é de 325,55 m<sup>2</sup>, sendo que 146,40 m<sup>2</sup> é do piso intertravado com dimensões de 20x10x6 cm e 179,15 m<sup>2</sup> com dimensões de 20x10x8 cm. De acordo com a Figura 43:

Figura 43: Assentamento do piso intertravado.



Fonte: Autor (2022)

Finalizado o assentamento do piso intertravado como mostra a Figura 44, o rejuntamento é executado com uma areia mais fina, preenchendo assim os vazios entre cada bloco. Por fim, é executado a concretagem do passeio frontal.

Figura 44: Finalização do assentamento do piso intertravado.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.15 Instalações dos roda meio de madeira

Foram utilizados em cada obra 83 metros de roda meio de madeira, a uma altura de 90 cm para a parte inferior da peça de madeira, como mostra a Figura 45. Os locais que recebem esse acabamento são os corredores: educacional, administrativo e de serviço. E em cada corredor o roda meio recebe uma aplicação de tinta na cor específica do projeto. Para o corredor educacional (roda meio na cor azul médio), setor administrativo (roda meio na cor verde médio) e no setor administrativo (roda meio na cor laranja médio).

Figura 45: Instalação dos roda meio de madeira.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.16 Instalação dos granitos e soleiras

A instalação das bancadas, prateleiras, lavatórios, divisórias e soleiras de granito seguem o detalhamento do projeto de granitos. São 20 peças de granito instaladas em obra, cada granito tem sua altura determinada em projeto para atender aos usuários, no setor educacional o padrão atende aos usuários com idade até 6 anos, os lavatórios são na altura de 70 e 60 cm. Como ilustra as Figuras 46 e 47:

Figura 46: Instalação das divisórias e lavatório do banheiro infantil.



Fonte: Autor (2022)

Figura 47: Instalação das bancadas de granito da cozinha.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.17 Emassamento e pintura

A pintura da obra segue um caderno de detalhamento, onde, são determinadas as cores e especificação da tinta de cada ambiente, das portas, alizares, forros e desenhos dos pisos. Nessa etapa foram iniciados os acabamentos da obra, onde ocorrem: o emassamento das paredes e forros, aplicação de selador na alvenaria de blocos de concreto, pintura de esquadrias de madeira, pintura do roda meio de madeira, pintura interna e externa da obra, pintura dos desenhos e pisos. Como mostram as Figuras 48 e 49:

Figura 48: Pintura do piso com tinta epóxi.



Fonte: Autor (2022)

Figura 49: Pintura dos desenhos do piso.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.18 Projeto de prevenção contra incêndio (PPCI)

O projeto de prevenção contra incêndio é executado após a finalização da pintura, pois, é necessário fazer as pinturas de sinalização do piso para os extintores e instalar as placas de sinalização nos locais determinados em projeto, como mostra a Figura 50, garantindo assim a segurança dos usuários da edificação.

Figura 50: Extintores e placas de sinalização do PPCI.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.19 Paisagismo e plantio de grama

Para a execução do paisagismo foram necessários 263 m<sup>3</sup> de placas de grama, 9 arbustos (buchinhos) e 6 palmeiras. A duração do serviço é de apenas 1 dia, pois, é necessário que toda a área que vai receber a grama já esteja nivelada e com a terra vegetal. De acordo com a Figura 51:

Figura 51: Plantio da grama.



Fonte: Autor (2022)

#### 4.1.20 Acabamentos finais de obra

Nessa fase da execução da obra, foram necessários repassar e testar alguns serviços que foram executados e finalizados em processos anteriores, como: instalações elétricas, hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais. Garantindo que a edificação esteja apta para ser inaugurada. Alguns serviços são executados nessa etapa executiva, como a plotagens das salas de aula, instalações de batedores de portas, fitas antiderrapantes das soleiras nas áreas de banhos, entre outros.

A limpeza final da obra é uma das últimas atividades a ser executada, acontecendo simultaneamente com o posicionamento dos móveis e equipamentos. As Figuras 52,53 e 54 mostram os ambientes mobiliados:

Figura 52: Posicionamento dos móveis das salas de aulas.



Fonte: Autor (2022)

Figura 53: Sala multiuso.



Fonte: Autor (2022)

Figura 54: Instalação dos equipamentos.



Fonte: Autor (2022)

#### **4.2 Elaboração do cronograma de atividades para execução da obra**

O desenvolvimento do cronograma da obra, é determinante para que os processos ocorram de forma lógica e sequencial. Proporcionando um ritmo de execução das tarefas, e dando a possibilidade para que o gestor do projeto consiga disponibilizar antecipadamente os insumos necessários para as atividades, desde a mão de obra até os equipamentos. O cronograma é instrumento fundamental para o planejamento diário da obra, e é com base nele que as equipes devem tomar as seguintes providências: projetar as atividades das equipes em campo, instruir as equipes, elaborar pedidos de compra, alugar equipamentos, convocar operários, comparar os progressos das atividades realizadas, observar os atrasos e adiantamento das atividades, replanejar a obra, pautas e reuniões.

A construção de uma Creche Cria do estado de Alagoas, é um projeto que requer bastante atenção em seus processos, pois, o prazo de execução da obra é de apenas 120 dias, tornando o tempo o insumo principal para o andamento da obra. O

modelo construtivo adotado pela empresa, é o da construção modular. Esse método dá a possibilidade de que várias etapas de execução aconteçam de forma simultânea, entre fábrica e canteiro de obra. Tornando os processos mais rápidos, e aumentando a qualidade final do produto.

Diante das várias etapas construtivas que acontecem simultaneamente em uma construção modular, a elaboração de um cronograma para essas atividades é fundamental para que o gestor consiga entregar a obra no prazo determinado. O estímulo para a elaboração do cronograma surgiu a partir da necessidade de acompanhar o andamento das sete obras que estavam sendo executadas simultaneamente, onde cada obra estava em uma etapa construtiva diferente, porém todas possuem o mesmo projeto arquitetônico, método construtivo, sequencias e precedências entre as atividades. As durações das atividades foram estabelecidas através do acompanhamento das atividades do estudo de caso, pois, para cada obra as etapas construtivas teriam que possuir as mesmas durações, porém, com a variação da qualidade da mão de obra, interferências climáticas, logística de entrega de materiais, as atividades tendiam a ser mais rápidas em algumas obras do que em outras, tornando a elaboração do cronograma algo essencial para prever em que etapa construtiva seria necessário aumentar o efetivo de obra para atender aos prazos estabelecidos.

O desenvolvimento do cronograma da obra, foi realizado levando em consideração o prazo de execução que é de 120 dias. E suas atividades estão relacionadas entre si, levando em consideração as precedências necessárias para cada fase da execução. O planejamento das atividades foi elaborado através do gráfico de Gantt, possibilitando um melhor entendimento e visualização dos processos. Com isso, podemos obter as atividades críticas, e conseqüentemente o caminho crítico. Assim, o gestor da obra pode determinar se durante essas atividades críticas, será necessário aumentar os recursos humanos destinado a realização das atividades, com objetivo de reduzir o prazo de execução da obra, ou reduzir o atraso gerado durante as execuções dos processos anteriores.

O início da execução da obra possui dois processos produtivos acontecendo simultaneamente, entre fábrica e canteiro de obra. Em fábrica acontece a produção dos monoblocos, e no canteiro de obras as atividades de: terraplenagem, execução do canteiro da obra, gabarito da obra, entre outras atividades. Isso, proporciona que

a execução seja mais rápida, pois, a precedência de algumas atividades são diminuídas com o a produção dos módulos em fábrica.

Com o modelo construtivo modular, a obra possui uma maior fluidez entre os processos e etapas construtivas. No início da obra, duas principais atividades acontecem de forma simultânea, são elas a produção dos módulos e a terraplenagem da obra. Tornando possível começar a estrutura da edificação (módulos) antes mesmo do terreno estar nivelado e pronto para iniciar a construção. A produção dos módulos em fábrica possui uma duração de sete dias, e finalizada essa etapa, os monoblocos podem receber os acabamentos de: revestimento cerâmico, instalações hidrossanitárias, instalações hidráulicas, instalações elétricas, instalação de esquadrias de alumínio e madeira, louças e metais. Em paralelo aos processos que ocorrem em fábrica, no canteiro de obras estão sendo executados a fundação, instalações hidráulicas, hidrossanitárias e pluviais, instalação de SPDA, rede de gás, alvenaria, entre outras atividades.

A montagem dos monoblocos produzidos em fábrica no canteiro de obra, é uma etapa determinante para a execução da obra, pois, consiste na união entre a estrutura modular com a fundação realizada. Com a montagem dos módulos, várias frentes de serviços são abertas. Aumentando o ritmo construtivo da obra, e as equipes necessárias para a execução.

No cronograma desenvolvido é possível analisar as etapas construtivas, e as precedências que cada atividade exige. Assim, o gestor tem a visualização da obra como um todo, e a capacidade de tomar uma melhor decisão sobre as compras dos insumos, equipe para execução, prever possíveis erros, replanejar as atividades da semana, entre outras. Aplicar o ciclo PDCA no cronograma da obra, é fundamental para conseguir comparar as atividades previstas com as que foram executadas em obra, para que seja possível replanejar os processos quando necessário.

A Tabela 1 e 2 mostram as atividades de execução, suas respectivas durações (previstas) e as precedências de cada etapa. O cronograma da obra foi elaborado a partir dessas durações, relacionando as etapas construtivas e suas precedências.

Tabela 1 – Descrição das atividades, durações e atividades de precedências na Fábrica.

Descrição da atividade	Duração prevista (dias)	Atividade de precedência
Produção dos monoblocos	7	Não possui
Instalação de esquadrias de alumínio	15	Produção dos monoblocos
Instalação de esquadrias de madeira	15	Produção dos monoblocos
Assentamento de revestimento cerâmico	25	Produção dos monoblocos
Instalações elétricas	15	Produção dos monoblocos
Instalações hidráulicas e hidrossanitárias	15	Produção dos monoblocos
Instalação de louças e metais	2	Assentamento de revestimento cerâmico
Instalação de luminárias	3	Instalações elétricas

Fonte: Autor (2023)

Tabela 2 – Descrição das atividades, durações e atividades de precedências na Obra (continua).

Descrição da atividade	Duração prevista (dias)	Atividade de precedência
Terraplenagem do terreno	7	Não possui
Locação do gabarito da obra	2	Terraplenagem do terreno
Execução do canteiro de obra	2	Locação do gabarito da obra
Execução das fôrmas de madeira	15	Execução do canteiro de obra
Execução das armações de vigas e sapatas	15	Execução do canteiro de obra
Locação e nivelamento das armações e fôrmas de madeira	4	Execução das fôrmas de madeira, vigas baldrames e sapatas
Concretagem da fundação	2	Locação e nivelamento das armações e fôrmas de madeira
Impermeabilização da fundação	2	Concretagem da fundação
Execução do muro de alvenaria	7	Impermeabilização da fundação
Execução das caixas de passagens	5	Locação do gabarito da obra
Escavação mecanizada da fossa séptica	1	Locação do gabarito da obra
Execução da fossa séptica	5	Escavação mecanizada da fossa séptica
Assentamento das pingadeiras	1	Execução do muro de alvenaria
Execução do SPDA	3	Locação do gabarito da obra
Execução das Instalações hidráulicas, esgoto e pluvial	15	Concretagem da fundação
Aterramento da parte interna da obra	2	Execução das Instalações hidráulicas, esgoto e pluvial
Montagem dos monoblocos	1	Aterramento da parte interna da obra
Montagem do reservatório metálico	1	Montagem dos monoblocos
Fabricação dos perfis da cobertura metálica	20	Locação do gabarito da obra
Fabricação de grade e portões	20	Locação do gabarito da obra
Soldagem dos monoblocos	5	Montagem dos monoblocos
Execução da estrutura metálica	15	Soldagem dos monoblocos
Execução das calhas	2	Execução da estrutura metálica
Instalação das telhas da cobertura metálica	2	Execução das calhas

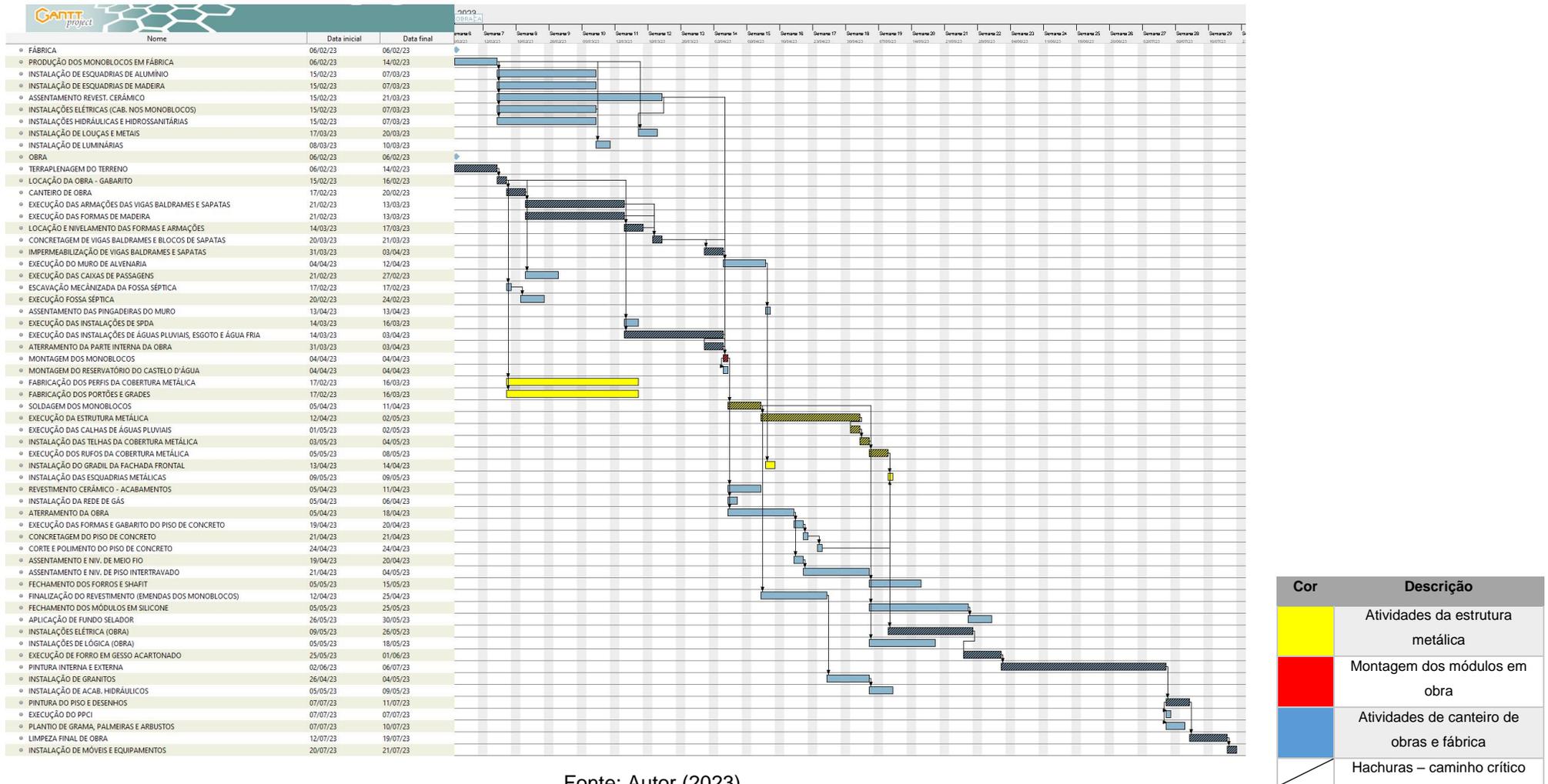
Tabela 2 – Descrição das atividades, durações e atividades de precedências na Obra (conclusão).

<b>Descrição da atividade</b>	<b>Duração prevista (dias)</b>	<b>Atividade de precedência</b>
Execução dos rufos da cobertura metálica	2	Instalação das telhas da cobertura metálica
Instalação do gradil	2	Execução do muro de alvenaria
Instalação das esquadrias metálica	1	Concretagem do piso de concreto
Acabamentos do revestimento cerâmico	5	Soldagem dos monoblocos
Instalação da rede de gás	2	Montagem dos monoblocos
Aterramento da obra	10	Montagem dos monoblocos
Execução da fôrma de madeiro do piso de concreto	2	Aterramento da obra
Concretagem do piso de concreto	1	Execução da fôrma de madeiro do piso de concreto
Corte e polimento do piso	1	Concretagem do piso de concreto
Assentamento e nivelamento de meio fio	2	Aterramento da obra
Assentamento e nivelamento do piso intertravado	10	Assentamento e nivelamento de meio fio
Fechamento de forros e shafit	7	Instalação das telhas da cobertura metálica
Finalização do revestimento cerâmico	10	Soldagem dos monoblocos
Fechamento dos módulos em silicone	10	Instalação das telhas da cobertura metálica
Aplicação de fundo selador	3	Fechamento dos módulos em silicone
Instalações elétricas	14	Execução dos rufos da cobertura metálica
Instalações de lógica	10	Execução dos rufos da cobertura metálica
Execução do forro em gesso acartonado	6	Instalações elétricas
Pintura interna e externa	25	Execução do forro em gesso acartonado
Instalação de granitos	7	Finalização do revestimento cerâmico
Instalação de acabamentos hidráulicos	3	Instalação de granitos
Pintura de piso e desenhos	3	Pintura interna e externa
Execução do PPCI	1	Pintura interna e externa
Paisagismo	2	Pintura interna e externa
Limpeza de obra	6	Pintura de piso e desenhos
Instalação de móveis e equipamentos	2	Limpeza de obra

Fonte: Autor (2023)

A partir das durações e dependências das Tabelas 1 e 2 foi elaborado o cronograma da obra, e gerado o gráfico PERT como mostra o Apêndice A. O Gráfico de Gantt possibilita uma visualização mais ágil sobre as atividades e etapas construtivas, tanto em fábrica como no canteiro de obra, proporcionando um melhor planejamento para a compra de insumos, estoque de material, aumento da demanda de mão de obra, atividades críticas, entre outros. De acordo com a Figura 55, temos:

Figura 55: Cronograma da obra através do Gráfico de Gantt.



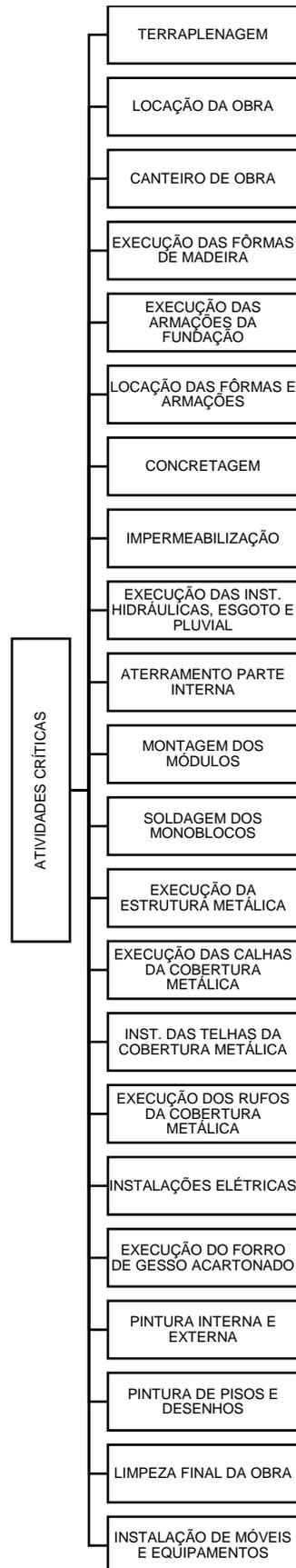
Fonte: Autor (2023).

Analisando o cronograma, podemos perceber que na fase inicial da obra duas atividades acontecem simultaneamente, são elas: terraplenagem e a produção dos monoblocos. Isso proporciona uma maior velocidade na execução das etapas seguintes da obra, pois, temos duas frentes de serviços acontecendo paralelamente, uma das principais características dos sistemas construtivos industrializados e modulares.

Com a finalização da produção dos módulos, os acabamentos internos de cada ambiente podem começar a ser executado, de acordo com o cronograma: instalação de esquadrias de alumínio, esquadrias de madeira, assentamento do revestimento cerâmico, instalações elétricas, instalações hidráulicas e hidrossanitárias. E simultaneamente no canteiro de obra, acontece a execução do gabarito da obra, canteiro de obra e fundação. As construções modulares proporcionam uma menor dependência entre algumas etapas construtivas, pois, parte da sua produção acontece dentro de fábricas, e outra no canteiro da obra. Analisando o cronograma percebemos essa dinâmica dos processos, temos os módulos recebendo a aplicação de revestimento cerâmico enquanto a fundação ainda está sendo executada.

A partir do cronograma da obra através do gráfico de Gantt, podemos determinar as atividades críticas do projeto. Essas atividades são caracterizadas como críticas, pois, devem ser executadas dentro do período estabelecido inicialmente na elaboração do cronograma, para que o prazo de execução do projeto seja atendido. O atraso em algumas dessas atividades críticas, impacta diretamente o prazo do cronograma, então determinando esse caminho crítico inicialmente o gestor da obra tem a capacidade de prever possíveis imprevistos, insumos e mão de obra para realizar essas atividades. De acordo com o cronograma elaborado, existem 22 atividades críticas que podem impactar o prazo final da obra, como mostra a Figura 56:

Figura 56: Atividades críticas do cronograma.



Fonte: Autor (2023)

### **4.3 Vantagens da metodologia construtiva para o gerenciamento da obra**

O setor da construção civil é uma atividade que envolve muitas variáveis, e evolui em um ambiente especificamente dinâmico e mutável. Gerenciar uma obra corretamente, atendendo os objetivos principais de prazo, custo e qualidade é uma tarefa que envolve vários processos, diante disso o planejamento da obra é uma das principais características do gerenciamento.

A construção modular, proporciona ao setor da construção civil uma maior produtividade e qualidade quando comparados à métodos construtivos tradicionais. Pois, os métodos construtivos industrializados proporcionam uma redução nos prazos de execução e a mão de obra nos canteiros. Sua produção ocorre dentro de fábricas, onde é possível aumentar a qualidade dos processos e atividades a serem executadas.

O gerenciamento da obra através da metodologia construtiva modular, proporciona ao gestor executar o projeto de forma mais assertiva, isso ocorre porque parte da execução da obra acontece em fábricas, com a produção dos módulos e simultaneamente outras atividades são executadas no canteiro de obra. Isso possibilita que a execução do empreendimento aconteça de forma mais rápida, com menores custos e uma melhor qualidade do produto final. Então, a fase de planejamento da obra é fator determinante para que o projeto atinja os objetivos principais e que durante o processo de desenvolvimento do produto o gestor possa identificar as situações desfavoráveis, e corrija com antecedência esses problemas.

O gerenciamento de projetos de estruturas modulares proporciona ao gestor da obra uma melhor visualização do processo executivo. Pois, com os processos de fábrica e do canteiro de obra acontecendo de forma simultânea e em locais diferentes, o controle da qualidade do produto e o andamento da mão de obra é realizado de forma mais precisa, além de reduzir a dependência entre as atividades executivas. O planejamento da obra se torna um processo mais fluído, com menores equipes para realizar os processos e uma maior interação entre elas.

## 5 CONCLUSÃO

O avanço da tecnologia, o desenvolvimento de novos métodos construtivos e de materiais, vinculados a construção civil são fatores determinantes para realizar obras mais rápidas, com menores custos e com maior qualidade. A construção modular possui essas características em seu método construtivo. Com isso, o planejamento da obra é fundamental para que um projeto ocorra com êxito, e que os objetivos principais sejam alcançados. O gestor que se utiliza das ferramentas do planejamento e controle de obras, é capaz de gerenciar o projeto de forma mais assertiva, pois, com a elaboração do roteiro do planejamento, são identificadas as durações das atividades, elaborado o diagrama de rede, identificação do caminho crítico e geração do cronograma e cálculos das folgas.

O presente trabalho teve como objetivo principal a construção de um cronograma das atividades para execução da obra, levando em consideração as etapas construtivas de uma Creche Cria no estado de Alagoas. O cronograma foi realizado através do Gráfico de Gantt, o que possibilita um melhor entendimento e visualização dos processos e atividades, vinculando as tarefas e estabelecendo as dependências entre as etapas, proporcionando a identificação do caminho crítico do projeto. Através do estudo de caso e acompanhamento das execuções das obras, foi possível determinar e identificar 58 atividades executivas, e relacionar o vínculo e dependência entre elas.

Verificou-se através do cronograma da obra que as 22 atividades executivas que compõem o caminho crítico acontecem no canteiro de obras, são elas: terraplenagem da obra, execução do gabarito da obra, execução do canteiro de obra, execução das fôrmas de madeira, execução das armações da fundação, concretagem das vigas baldrame e blocos de sapatas, impermeabilização da fundação, execução das instalações hidráulicas, esgoto e pluviais, aterramento da parte interna da obra, montagem, soldagens dos monoblocos, execução da estrutura metálica, execução das calhas da cobertura metálica, instalação das telhas da da cobertura, execução dos rufos da cobertura, instalações elétricas, execução do forro em gesso acartonado, pintura interna e externa, pintura de pisos e desenhos, limpeza final da obra, instalação de móveis e equipamentos. As atividades críticas acontecem desde o início da obra até a sua conclusão, e a determinação desse caminho crítico possibilita uma melhor gestão do tempo, recursos financeiros e qualidade final do produto.

A construção modular e a industrialização do processo construtivo relacionadas com a *Lean Construction*, *Lean Production* e *Lean Thinking* faz com que a construção civil produza obras mais sustentáveis, com menores custos e mais eficazes para os usuários.

### **1.1 – Sugestão para trabalhos futuros:**

Para trabalhos futuros recomenda-se que:

- Determine a quantidade de mão de obra envolvida nas etapas do projeto.
- Determinar a curva S do avanço físico ou monetário do projeto.
- Elaboração e identificação da disponibilidade de recursos, para a construção da corrente crítica do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 83f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2015.

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. 2008. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5725**: Ajustes modulares e tolerâncias: procedimento. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da construção: procedimento. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15783**: Síntese da Coordenação Modular. Rio de Janeiro, 1975.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro, 2010.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BICHINSKI, Wyllian Ferreira. **Vantagens e benefícios da industrialização de processos na construção de edificações**. 2017. 29 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

BOGÉA, Marta. **Cidade Errante – Arquitetura em Movimento**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2009.

BOYER, R., FREYSSENET, M. (2002). *The Productive Models: the conditions of profitability*. Palgrave Macmillan, New York.

BRUNA, P. J. V.. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento**. São Paulo: EDUSP/Perspectiva, 1976. Coleção Debates, número 136.

DAEYOUNG, Kim (2002). *Exploratory study of Lean Construction: Assessment of Lean implementation*, Ph.D, The University of Texas, Austin, EUA.

FERREIRA, Augusto Sendtko. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 62p. Monografia (Graduação Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

GREVEN, H. A. Coordenação Modular. In: GREVEN, H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

HELM, Joanna. Arte e Arquitetura: Yona Friedman. ArchDaily. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/41015>> Acesso em: 20/02/2023

KOSKELA, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Technical Report No. 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering, StanfordUniversity.

LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias**. São Paulo: Pini, 2001.

MASCARÓ, L. E. R. de. **Coordinación modular? Qué es?** Summa, Buenos Aires, n. 103, p. 20-21, ago. 1976.

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

MORAES, P.T.A.; LIMA, M.G. **Levantamento e análise de processos construtivos industrializados sob a ótica da sustentabilidade e desempenho**. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DO ITA, 15., 2009, São José dos Campos. Anais. São José dos Campos: ITA, 2009.

QUEIROZ, MARIO NALON. **Programação e controle de obras**. Universidade federal de Juiz de Fora.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980.

LAMEIRAS, Rodrigo de Melo. Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro (Glass Fibre Reinforced Cement-GRC). 2007.

ROSSO, T. **Teoria e prática da coordenação modular**. São Paulo: FAUUSP, 1976.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 321 p. 1989. Tese

(Doutorado em Engenharia). Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SABBATINI, Fernando Henrique. **A industrialização e o processo de produção de vedações**: utopia ou elemento de competitividade empresarial. Anais. São Paulo: Epusp/PCC, 1998.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações**. 77p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

TEIXEIRA, Jamilla Lutif. *Aula tecnologia das construções II*. Faculdade de engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. 2012.

VASSÃO, Caio Adorno. *A formalização como fator da mobilização da arquitetura: Arquitetura Móvel, Arquitetura científica e metadesign*. IV Colóquio de pesquisas em habitação: Coordenação modular e Mutabilidade - Escola de Arquitetura da UFMG. 2007.

VRIJHOEF, R. E KOSKELA, L. (2005). Revisiting the Three Peculiarities of Production in Construction. Proceeding of IGLC'13 Conference, Sydney, Austrália.

WOMACK, JP, JONES, D.T. E ROOS, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. Rawson Associates, New York, EUA.

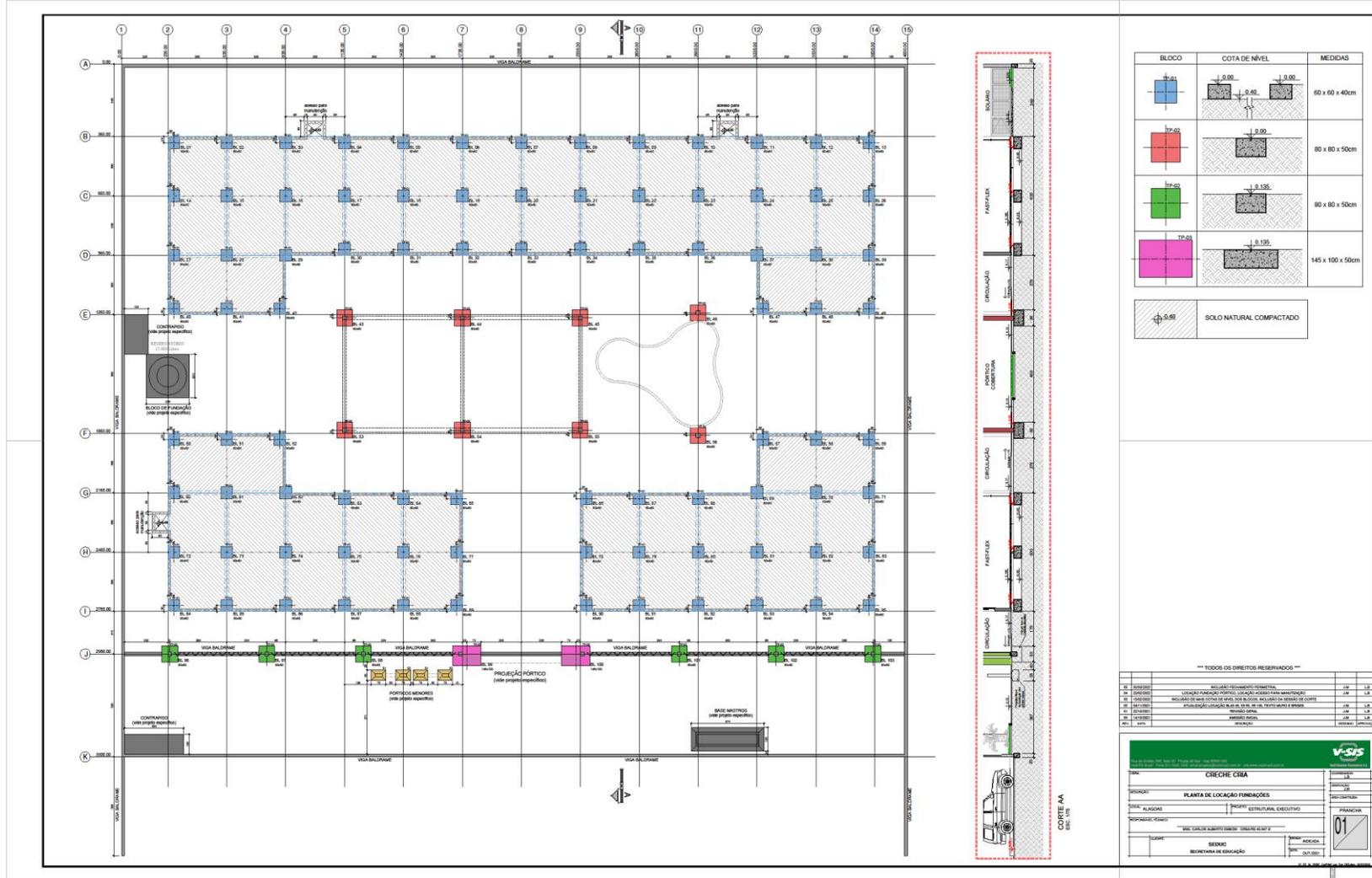
WOMACK, J.P. E JONES, D.T. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon and Schuster, New York , EUA.

WOMACK, J.P., JONES, D.T. (1998). A mentalidade enxuta nas empresas – Elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro, Campus.



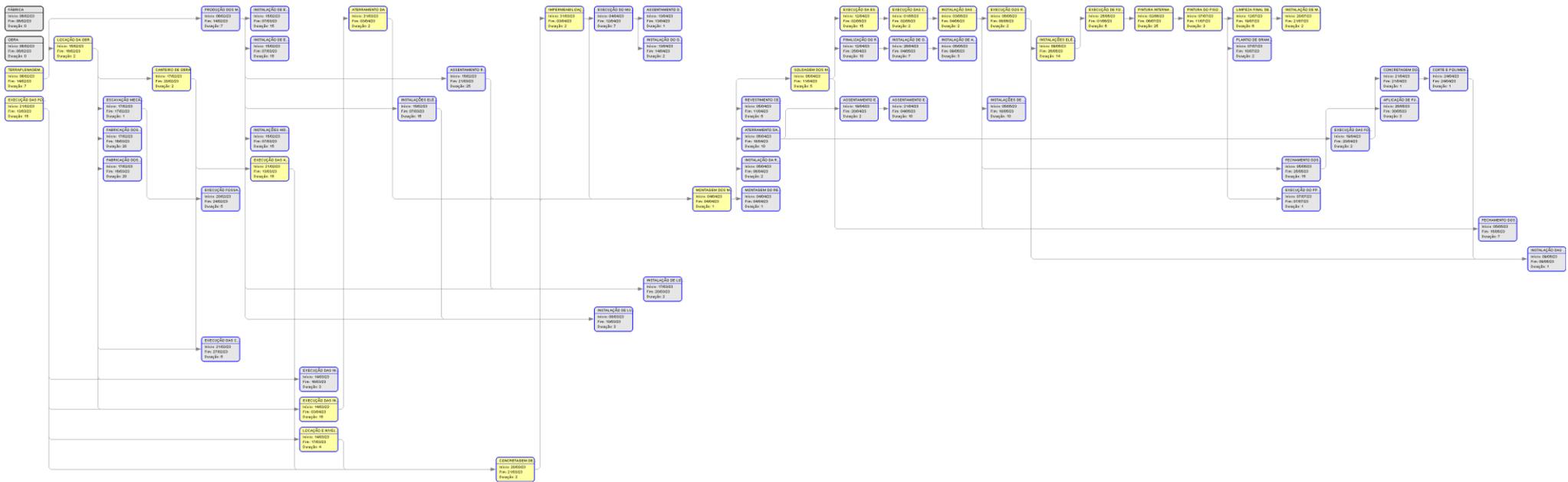


## ANEXO C – PROJETO DE LOCAÇÃO DA FUNDAÇÃO



Fonte: Verdi Sistemas Construtivos (2021)

# APÊNDICE A – GRÁFICO PERT DO CRONOGRAMA DA OBRA



Fonte: Autor (2023)