



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO -
UEMASUL
CAMPUS AÇAILÂNDIA
ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

HELDE COSTA SILVA

CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO: Técnicas
e aplicação em estudo de caso da construção de edifício na cidade de Açailândia-
MA

Açailândia – MA

2023

HELDE COSTA SILVA

CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO: Técnicas e aplicação em estudo de caso da construção de edifício na cidade de Açailândia-MA

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^ª. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco

Açailândia – MA

2023

S586c

Silva, Helde Costa

Construção de estruturas pré-fabricadas de concreto: técnicas e aplicação em estudo de caso da construção de edifício na cidade de Açailândia-MA - / Helde Costa Silva – Açailândia: UEMASUL, 2023.

25 f. : il.

Artigo (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2023.

Orientadora: Prof. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco

1. Pré-fabricados. 2. Metodologia construtiva. 3. Vantagens. I. Título.

CDU 624.012.35(812.1)

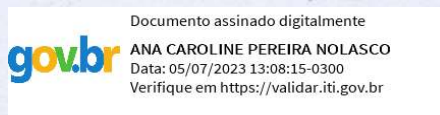
HELDE COSTA SILVA

CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO: Técnicas e aplicação em estudo de caso da construção de edifício na cidade de Açailândia-MA

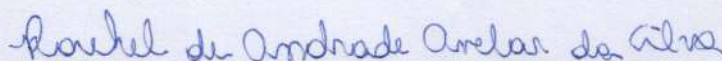
Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil Bacharelado do Centro de Ciência Humanas, Sociais, Tecnológicas e Letras da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovado em 21 / 06 / 2023

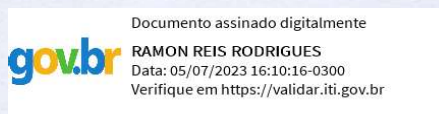
BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Esp. Ana Caroline Pereira Nolasco
Especialista em MBA Engenharia Ferroviária
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



Prof^a. Me. Rachel de Andrade Avelar da Silva
Mestra em Ciências dos Materiais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão



Prof. Esp. Ramon Reis Rodrigues
Especialista em Estruturas e Fundações
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Construção de estruturas pré-fabricadas de concreto: Técnicas e aplicação em estudo de caso da construção de edifício na cidade de Açailândia-MA

Construction of prefabricated concrete structures: Techniques and application in a case study of building construction in the city of Açailândia-MA

Helde Costa Silva¹; Ana Caroline Pereira Nolasco²

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, CCHSTL, Açailândia/MA, Brasil. Email: heldesilva.201763090@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9055-299X>

² Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, CCHSTL, Açailândia/MA, Brasil. Email: anacaroline.nolasco@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7770-9822>

RESUMO:

Considerando a vasta quantidade de resíduos sólidos gerados na construção civil, em especial, na execução de estruturas de concreto armado moldado in loco, além da relevância que o setor da construção civil exerce na economia, este artigo trata de um estudo de caso realizado na construção de uma edificação na cidade de Açailândia-MA, cuja estrutura foi executada com pré-fabricados. Trata-se de uma análise e descrição do processo construtivo em pré-fabricados, e a elaboração de um projeto similar de uma estrutura convencional em concreto armado moldado in loco, a fim de compreender a relevância do ponto de vista econômico, ambiental e social de se construir com componentes industrializados de concreto e também de concreto moldado in loco na cidade de Açailândia-MA. Dentre os principais achados, destacam-se a rapidez na execução e a baixa produção de resíduos sólidos na montagem dos pré-fabricados e a forte influência das estruturas de concreto moldado in loco na economia local. Como resultado central, a identificação das vantagens dos pré-fabricados como obra sustentável e da forte influência das estruturas de concreto moldado in loco na economia local trazendo assim benefícios à sociedade, o que configura um ponto de partida útil para a realização de futuras investigações sobre o tema.

Palavras-chave: Pré-fabricados; metodologia construtiva; vantagens

ABSTRACT:

Considering the vast amount of solid waste generated in civil construction, in particular, in the execution of reinforced concrete structures cast in loco, in addition to the relevance that the civil construction sector has in the economy, this article deals with a case study carried out in construction of a building in the city of Açailândia-MA, whose structure was executed with prefabricated elements. It is an analysis and description of the construction process in prefabricated elements, and the elaboration of a similar project of a conventional structure in reinforced concrete cast in loco, in order to understand the relevance of the economic, environmental and social point of view of be built with industrialized concrete components and also cast-in-place concrete in the city of Açailândia-MA. Among the main findings, we highlight the speed of execution and the low production of solid waste in the assembly of prefabricated elements and the strong influence of cast-in-place concrete structures on the local economy. As a central result, the identification of the advantages of precast as a sustainable work and the strong influence of cast-in-place concrete structures on the local economy, thus bringing benefits to society, which constitutes a useful starting point for carrying out future investigations on the theme.

Keywords: Prefabricated; constructive methodology; advantage.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	7
3 Resultados e discussão	10
3.1 PROCESSO DE MONTAGEM DA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA.....	10
3.2 PROJETO DE UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO	15
4 Considerações finais.....	22
5 Agradecimentos	23
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil exerce vasta importância para a geração de riqueza nacional. Um dos materiais mais conhecidos e utilizados no setor é o concreto, sendo obtido a partir da mistura de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, água e aditivos (SILVA et al., 2022).

Diante de um setor economicamente importante para o país e o concreto como um dos materiais mais utilizados, é importante levar em consideração a metodologia construtiva, pois segundo Cunha (2022), na construção de superestrutura e revestimento é gerado cerca de 81% do volume total de resíduos de construção, gerando impactos ambientais relevantes.

Paralelamente, a industrialização na construção civil através da pré-fabricação compreende uma pequena parcela do setor que traz inúmeros benefícios, como: redução de resíduos, redução de material e redução de energia incorporada e emissões (SENGER, 2017).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo descrever o processo construtivo de uma estrutura pré-fabricada de concreto de uma faculdade de medicina localizada na BR 222 a aproximadamente 3,2 Km do centro da cidade de Açailândia-MA conforme a figura 1, apresentar uma estimativa de giro de capital dentro da cidade de Açailândia referente a contratação de mão de obra local, compra de insumos e locação de serviços dentro do município que está ligado diretamente com o âmbito social e econômico da cidade. O trabalho visou ainda apresentar uma estimativa de geração de resíduos sólidos que afeta diretamente o meio ambiente, além de apresentar um projeto similar de uma construção convencional em concreto armado moldado in loco que também pode servir como parâmetro para futuras construções considerando o ponto de vista econômico, social e ambiental.

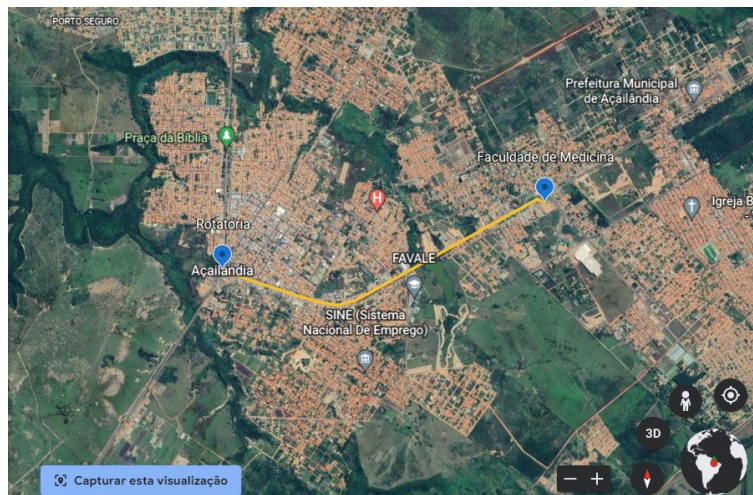


Figura 01 - Percurso até a obra
Fonte: Google Earth (2022)

Assim sendo, este trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso, análise e descrição do processo construtivo em pré-fabricados, um método construtivo industrializado que não é comumente utilizado na região, e a elaboração de um projeto de uma estrutura convencional em concreto armado moldado in loco, além de considerar a relevância do ponto de vista econômico, ambiental e social dentro dos arredores da cidade de cada um dos métodos construtivos.

Por isso, foi de grande significância o estudo da construção com pré-fabricados e concreto moldado in loco, visando estabelecer particularidades de cada método, visando trazer qualidade de vida para as pessoas através da execução de obras em menor tempo e minimizando os impactos ambientais e que também tragam benefícios para a sociedade.

2 METODOLOGIA

A metodologia fornece ferramentas de caráter técnico ou lógico para que os pesquisadores possam ampliar um aprofundamento da ciência em várias áreas do conhecimento. Sendo assim, a metodologia inclui o método, as ferramentas e as técnicas para nortear o pesquisador (FIRME; MIRANDA, 2022).

A metodologia considerada neste trabalho foi a realização de uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório em livros, artigos científicos e normas técnicas e regulamentadoras a respeito do tema, processo executivo com a utilização de elementos estruturais de concreto pré-fabricado e estruturas de concreto moldadas in loco, onde compreendeu-se as particularidades, vantagens e desvantagens de cada

método de execução de obras do ponto de vista econômico, social e ambiental dentro do município de Açailândia-MA.

A pesquisa serviu como fundamento para o estudo de caso do processo de execução de uma faculdade na cidade de Açailândia-MA, onde foram realizadas visitas constantes na obra para coletar as informações necessárias para descrever o processo construtivo. As informações foram repassadas pelo engenheiro responsável pela obra, além de medições in loco com uso de uma trena de 5 m da marca Lufkin. Para auxiliar na descrição da estrutura pré-fabricada foi construído pelo autor um modelo tridimensional no software SketchUp versão 2018 com as dimensões originais da estrutura.

A empresa que executou da estrutura pré-fabricada é especializada no ramo da construção de edifícios residenciais, comerciais e industriais e possui vasta experiência na execução de obras em todo o país. Essa empresa foi responsável pela execução da estrutura pré-fabricada de uma faculdade de medicina da cidade de Açailândia-MA, conforme a figura 2, que foi objeto de estudo deste trabalho.



Figura 02 - Estabelecimento de ensino
Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

A edificação contempla três pavimentos em uma área construída de 6537 m², conforme as figuras 3. As lajes são do tipo pré-moldadas, nervuradas e com poliestireno expandido.

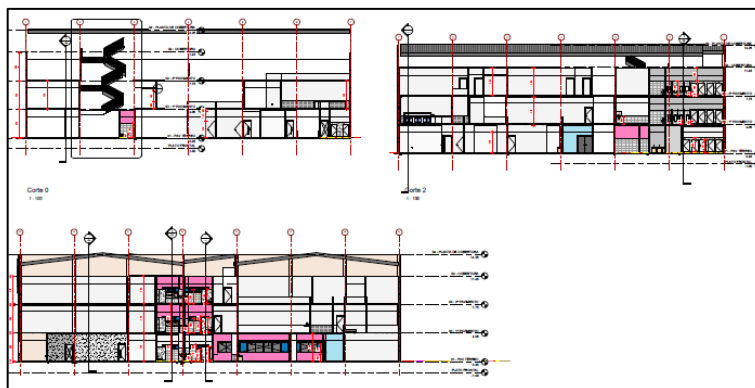


Figura 03 - Planta em corte

Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

A estrutura foi executada utilizando o método construtivo de concreto pré-fabricado seguindo as especificações da ABNT NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. A figura 4 mostra modelo tridimensional dos elementos estruturais.

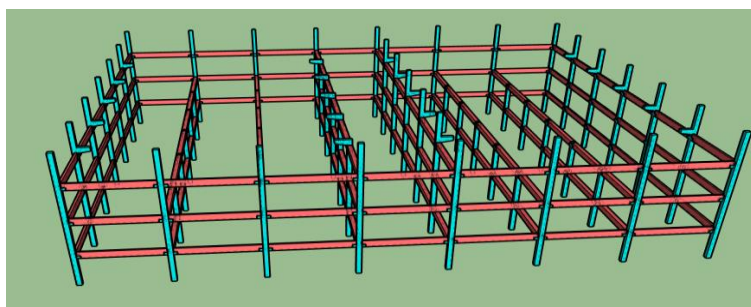


Figura 04 - Modelo tridimensional da estrutura

Fonte: Autor (2023)

A tabela 1 mostra a descrição e o quantitativo de elementos estruturais. A estrutura foi projetada considerando a padronização das medidas dos elementos e simetria estrutural. Para Cavalcanti (2017) a padronização dos elementos aumenta a produtividade no processo de fabricação, além de oferecer a vantagem da reutilização de forma.

Tabela 01- Descrição e quantitativo dos elementos estruturais

Elementos estruturais	
Descrição	Quant.
Pilar com seção de 40 x 40 cm, altura de 7,30 m e 4 consolos de 30 cm	20
Pilar com seção de 40 x 40 cm, altura de 10,60 m e 6 consolos de 30 cm	5
Pilar com seção de 40 x 40 cm, altura de 14,25 m e 6 consolos de 30 cm	19
Pilar com seção de 40 x 40 cm, altura de 14,25 m e 9 consolos de 30 cm	12
Viga com seção 20 x 70 cm e vão de 6,60 m	78
Viga com seção 40 x 70 cm e vão de 6,60 m	84

Fonte: Autor (2023)

Foi elaborado também pelo autor um projeto estrutural em concreto moldado in loco no software TQS Pleno LVP&S, respeitando-se as mesmas dimensões da estrutura pré-fabricada, a fim de comparar os dados das duas estruturas. Considerou-se as paredes externas em alvenaria de bloco cerâmico, as lajes e as paredes internas foram consideradas as mesmas da estrutura original. Os carregamentos adotados foram peso próprio da estrutura, peso de instalações, revestimento, forro, paredes, as cargas variáveis da ABNT NBR 6120:2019 e a carga de vento de acordo com a ABNT 6123:1988

Foi elaborado pelo autor, utilizando o software Excel versão 2019, uma estrutura analítica do projeto, um orçamento sintético com o custo para executar o projeto estrutural, um gráfico de Gantt ilustrando o tempo de execução da obra, a curva ABC de insumos e serviços e uma tabela com a descrição dos possíveis resíduos sólidos que venham a ser produzidos em uma execução de um projeto similar em concreto armado moldado in loco. Para a elaboração dos itens supracitados, utilizou-se a base de dados SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil referente aos preços de insumos e serviços de outubro de 2022.

A apresentação e análise dos impactos financeiros, ambientais e sociais dentro do município de Açailândia-MA de ambos os métodos construtivos, concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, foram realizadas com os dados colhidos em obra e os dados do projeto elaborado pautados por uma pesquisa bibliográfica.

E por fim, com base nos resultados obtidos, apresentou-se uma análise técnica com as principais vantagens de se utilizar a construção com pré-fabricados e concreto moldado in loco em Açailândia-MA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROCESSO DE MONTAGEM DA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA

O objeto de estudo deste trabalho é o processo de montagem da estrutura que foi projetada e executada em concreto pré-fabricado por uma empresa especializada. A estrutura foi fabricada na cidade de Araguaina-TO que está a 313,6 Km da cidade de Açailândia-MA, e os elementos estruturais foram transportados de carreta até o local da obra. Esta etapa de fabricação e transporte compreendeu duas

atividades do processo de produção de pré-fabricados, que segundo Anzolin e Bevilacqua (2019) são:

- a) Produção dos elementos estruturais na fábrica;
- b) Locomoção, por meio de transporte, dos elementos estruturais da fábrica para o local definitivo da estrutura;
- c) Montagem dos elementos estruturais no local definitivo da estrutura;
- d) Execução das ligações dos elementos da estrutura.

A figura 5 ilustra o processo de montagem dos elementos estruturais que foi realizado por um guindauto para o içamento das lajes pré-moldadas, um guindaste sobre rodas para o içamento das vigas e pilares, e uma plataforma elevatória para conduzir o profissional responsável pelos ajustes nas ligações dos elementos.



Figura 05 - Montagem da estrutura

Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

Na montagem dos pilares verificou-se que a ligação pilar-fundação foi executada com sistema denominado de cálice. Para Galvão (2020), essa modalidade de ligação é vantajosa pois tem uma montagem rápida e que possibilita ajustes. A figura 6 ilustra a montagem dos pilares.



Figura 06 - Cálice

Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

A figura 7 mostra os consolos dos pilares com os chumbadores. Os consolos recebiam uma camada de graute pouco antes da montagem das vigas.



Figura 07 - Consolo dos pilares

Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

A figura 8 ilustra o processo de montagem. Para Lacerda (2016) este tipo de ligação é denominado de ligação viga-pilar ou ligação de extremidade da viga que é caracterizada pela continuidade do pilar e as vigas que são conectadas a ele. A figura 9, mostra os consolos dos pilares com os chumbadores prontos para receber as vigas.

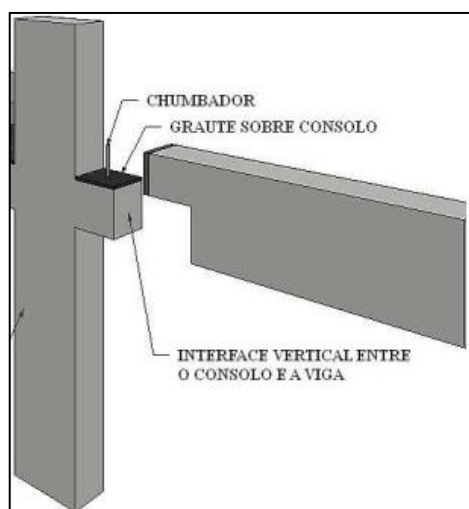


Figura 08 - Ligação viga-pilar

Fonte: Lacerda (2016), adaptado



Figura 09 - Consolo com chumbador
Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

Verificou-se que o processo de montagem da estrutura durou três meses, o que equivale a 65 dias de trabalho, conforme informações cedidas pela empresa. Para Zeule (2015), os pré-fabricados possibilitam uma redução no tempo da obra pois não necessitam do tempo de cura do concreto além de uma redução da mão de obra e um canteiro de obras limpo e quase sem nenhuma produção de resíduos sólidos. A rapidez e agilidade de execução é uma das principais vantagens dos pré-fabricados (SILVA et al., 2023). A tabela 2 ilustra o quantitativo de profissionais contratados pela empresa neste período.

Tabela 02 - Colaboradores

Descrição do profissional	Qtd. Outubro	Qtd. Novembro	Qtd. Dezembro
Armador	0	1	0
Carpinteiro	1	2	1
Pedreiro	1	5	8
Servente	2	17	14

Fonte: Autor (2023)

A tabela 3 mostra o custo para a montagem da estrutura pré-fabricada, de acordo com os preços considerados da tabela SINAPI. Verificou-se que a mão de obra local, o aluguel de máquinas e a concretagem fariam circular cerca de R\$ 743.919,86 na cidade ou arredores e que o custo com a mão de obra direta seria R\$ 236.624,64. Do ponto de vista social observou-se que, devido a estrutura ter sido fabricada em outro estado e a mão de obra local contratada apenas para auxiliar na montagem, isso diminui o impacto positivo na economia local que consequentemente afeta o âmbito social.

Tabela 03 - Levantamento de custo da montagem da estrutura pré-fabricada

Descrição	Custo
Armador	R\$ 5.417,70
Carpinteiro de formas	R\$ 21.303,27
Pedreiro	R\$ 76.100,83

Servente	R\$ 133.802,84
Operação de Guindaste com capacidade 30 toneladas.	R\$ 161.170,83
Operação caminhão com carroceria e guindauto (Munck).	R\$ 64.046,77
Plataforma elevatória	R\$ 22.880,00
Concretagem de lajes com concreto usinado	R\$ 259.197,62
TOTAL	R\$ 743.919,86

Fonte: Autor (2023)

A figura 10 ilustra a área de montagem da estrutura pré-fabricada. Verificou-se que os resíduos sólidos basicamente foram sobras de madeira compensada pregada com sarrafos, pontaletes de madeira e pedaços de tábuas. A madeira compensada com sarrafos pregados era utilizada para cobrir os cálices da fundação a fim de evitar acidentes e a queda de sujeira dentro dos mesmos, e os pontaletes serviam para ancorar a tela tapume ao redor da obra e os pedaços de tábuas serviam como apoio para as escoras metálicas utilizadas na concretagem das lajes.



Figura 10 - Resíduos

Fonte: Acervo da empresa que executou a obra (2023)

A tabela 4 ilustra a quantidade estimada de resíduos sólidos oriundos do processo de montagem da estrutura pré-fabricada, conforme observou-se no canteiro de obras.

Tabela 04 - Estimativa de produção de resíduos sólidos

Insumo	Qtd.
Madeira compensada 2,2 m x 1,1 m.	24
Pontalete 5 cm x 5 cm e 6 m de comprimento	20
Sarrafo de 2,5 cm x 7,5 cm e 6 m de comprimento.	26
Kg de prego	3,98
Tábua de 2,5 cm x 20 cm e 6 m de comprimento.	26

Fonte: Autor (2023)

Verificou-se que as instalações do canteiro de obras da estrutura pré-fabricada eram de materiais reaproveitáveis tais como containers e tendas, conforme a figura 11, além de não haver grandes depósitos de materiais de construção.



Figura 11 - Instalações do canteiro
Fonte: Google Earth (2022)

Observou-se na execução da estrutura pré-fabricada na cidade de Açailândia-MA que houve poucos resíduos sólidos gerados, sendo 2,36 m³ de madeira e 3,98 Kg de metal conforme os dados da tabela 4. Para Zeule (2015) as estruturas pré-fabricadas agregam o benefício da sustentabilidade, pois contribui significativamente com a redução de resíduos gerados no canteiro de obras.

A montagem da estrutura pré-fabricada apresentou padrões de sustentabilidade considerados excelentes trazendo benefícios do ponto de vista ambiental para a cidade de Açailândia-MA. A utilização da pré-fabricação contribui para a redução dos indicadores de geração de resíduos sólidos, pois se trata de uma tecnologia de industrialização (ZEULE, 2015).

3.2 PROJETO DE UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO

A tabela 5 ilustra a EAP (estrutura analítica de projeto) que foi elaborada para fins de levantamento de custo de produção da estrutura de concreto moldado in loco. A EAP possibilita um desmembramento dos processos a fim de obter dados e informações para montar o cronograma (VIZZOTTO, 2022).

Tabela 05 - EAP – execução da estrutura de concreto moldado in loco

EAP	
1	Montagem do canteiro de obras
1.1	Tapume feito com compensado de madeira.
1.2	Reservatório com estrutura de madeira.
1.3	Escritório feito em madeira compensada.
1.4	Refeitório feito em madeira compensada.

1.5	Almoxarifado com prateleira feitos com madeira compensada.
1.6	Instalação sanitária e vestiário feito em alvenaria.
1.7	Central de armadura.
1.8	Central de produção de argamassa, formas e concreto.
1.9	Depósito de materiais feito em madeira compensada.
2	Fabricação e montagem de armadura
2.1	Armação de pilar e viga.
3	Fabricação e montagem de forma
3.1	Fabricação de forma para pilares, em madeira compensada plastificada, e = 18 mm.
3.2	Fabricação de forma para vigas, em madeira compensada plastificada, e = 18 mm.
3.3	Montagem e desmontagem das formas dos pilares.
3.4	Montagem e desmontagem das formas das vigas, escoramento de madeira.
4	Concretagem
4.1	Concretagem de pilares.
4.2	Concretagem de vigas e lajes.
5	Laje
5.1	Montagem e concretagem de laje.
6	Alvenaria
6.1	Assentamento de alvenaria.
6.2	Chapisco aplicado em alvenarias.
6.3	Emboço.

Fonte: Autor (2023)

Para o levantamento de custo da execução da estrutura em concreto armado moldado in loco, considerou-se a construção de um canteiro de obras com as especificações da tabela 6.

Tabela 06 - Instalação do canteiro de obras

Instalação provisória	Und.	Qtd
Escritório em madeira compensada	m ²	25
Refeitório em madeira compensada	m ²	45
Almoxarifado em madeira compensada	m ²	25
Sanitário, vestiário e chuveiro em alvenaria	m ²	137,12
Central de armadura (área coberta apenas)	m ²	16
Central de formas	m ²	20
Depósito em madeira compensada	m ²	66
Tapume de madeira compensada	m	300
Estrutura para caixa d'água em madeira	und	1

Fonte: Autor (2023)

A área do escritório e central de forma consideradas foram baseadas no trabalho de Hoffmann (2015). E a área do almoxarifado, central de armadura e depósito foram recomendadas por Sevioli e Canassa (2022).

Para se calcular as áreas do refeitório, do sanitário e vestiário, adotou-se uma equipe com 10 pedreiros e 20 ajudantes, 10 carpinteiros e 20 ajudantes e 10 armadores com 20 ajudantes. A ABNT NBR 12284:1991 instrui que o refeitório deve ter área suficiente para acomodar a metade dos trabalhadores totais por vez, sendo que deve ter 1 m² por cada colaborador. A NR 18 determina que deve haver um conjunto de 1 instalação sanitária para cada 20 colaboradores e 1 chuveiro para cada 10 colaboradores. A área mínima do vestiário por colaborador foi calculada conforme a formula recomendada pela NR 24, sendo $1,5 - (n^{\circ} \text{ de colaboradores}/1000)$. A área mínima para chuveiro, segundo a NR 24, deve ser 0,8 m x 0,8 m e a área de gabinetes sanitários, segundo a ABNT NBR 12284:1991, deve ser de 0,90 m x 1,10 m.

Considerou-se as instalações sanitárias e o vestiário construídos em alvenaria, pois ABNT NBR 12284:1991 proíbe o uso de madeira neste tipo de instalação.

No tocante ao tapume a NR 18 instrui que a instalação do mesmo é obrigatória para impedir o acesso de pessoas estranhas ao contexto da obra. O tapume foi calculado com o perímetro do terreno.

Para o projeto estrutural em concreto armado moldado in loco respeitou-se as mesmas dimensões das vigas e pilares da estrutura pré-fabricada e descontou-se os consolos. A tabela 7 mostra o quantitativo de aço gerado pelo cálculo do software para fins do levantamento de custo para execução da estrutura de concreto moldado in loco.

Tabela 07 - Quantitativo de aço da estrutura moldada in loco

Descrição do aço	Kg
Aço CA-50, $\phi = 6,3$ mm.	7261,37
Aço CA-50, $\phi = 10$ mm.	2531
Aço CA-50, $\phi = 12,5$ mm.	41236,137

Fonte: Autor (2023)

Para fins do levantamento do consumo de formas para pilares e vigas considerou-se a estrutura da figura 12 e o material adotado foi madeira compensada plastificada com reutilização de dez vezes (SILVA et al., 2022).

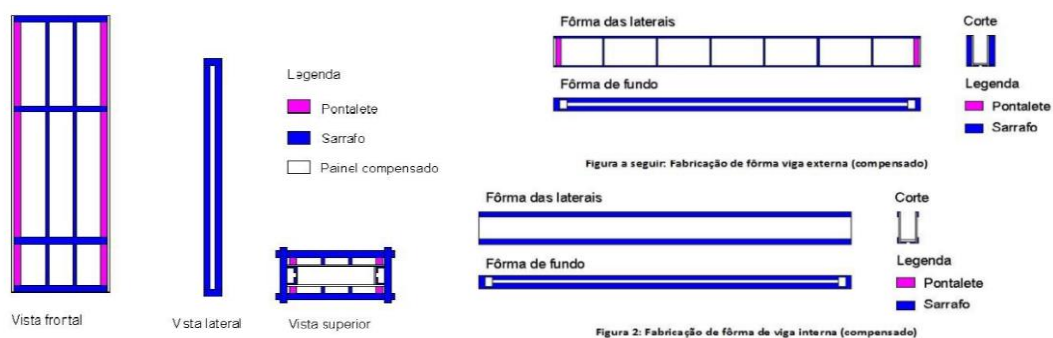


Figura 12 - Formas de compensado

Fonte: SINAPI (2023)

A tabela 8, ilustra o orçamento sintético com levantamento de custo, gerado a partir das composições da SINAPI. Verificou-se que a etapa com maior custo para a execução foi a montagem e concretagem das lajes pré-moldadas.

Tabela 08 - Orçamento sintético da estrutura moldada in loco

(Continua)

ORÇAMENTO SINTÉTICO		
Montagem do Canteiro de Obras		R\$ 346.527,02
Tapume com compensado de madeira.	R\$ 45.670,58	
Reservatório com estrutura de madeira	R\$ 10.045,42	
Escritório feito em madeira compensada.	R\$ 28.352,90	
Refeitório em madeira compensada	R\$ 26.302,99	
Almoxarifado em madeira compensada	R\$ 23.804,59	
Instalação sanitária e vestiário feito em alvenaria.	R\$ 135.211,17	
Central de armadura.	R\$ 4.610,54	
Central de formas	R\$ 9.214,12	

Fonte: Autor (2023)

Tabela 08 - Orçamento sintético da estrutura moldada in loco

(Conclusão)

Depósito de materiais feito em madeira compensada.	R\$ 63.314,71	
FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE ARMADURA		R\$ 579.575,56
Armação de viga ou pilar, aço, d=6,3 mm.	R\$ 104.584,95	
Armação de viga ou pilar, aço d=10,0 mm.	R\$ 32.022,38	
Armação de viga ou pilar, aço d=12,5 mm.	R\$ 442.968,23	

FABRICAÇÃO E MONTAGEM DE FORMA		R\$ 583.970,17
Fabricação de fôrma para pilares e=18mm.	R\$ 20.934,42	
Fabricação de fôrma para vigas, e = 18 mm.	R\$ 352.226,27	
Montagem e desmontagem das formas de pilares.	R\$ 4.232,37	
Montagem e desmontagem das formas das vigas, escoramento de madeira.	R\$ 206.577,11	
CONCRETAGEM		R\$ 198.429,31
Concretagem dos pilares.	R\$ 50.791,20	
Concretagem das vigas e lajes.	R\$ 147.638,11	
LAJE		R\$ 789.231,43
Montagem e concretagem de laje.	R\$ 789.231,43	
ALVENARIA		R\$ 248.676,09
Assentamento de alvenaria.	R\$ 110.710,75	
Chapisco aplicado em alvenarias.	R\$ 10.813,09	
Emboço.	R\$ 127.152,25	
TOTAL DO CUSTO		R\$ 2.746.409,58

Fonte: Autor (2023)

No tocante aos impactos econômicos e sociais, verificou-se que a estimativa de circulação de capital dentro da cidade e arredores estaria em torno de R\$ 2.746.409,58, conforme a tabela 8, contribuindo fortemente com a geração de mais empregos locais, além de uma vasta compra de insumos dentro da cidade e municípios arredores, aquecendo o comércio local e gerando mais empregos diretos e indiretos. A construção civil possui influência direta no emprego e renda de curto e médio prazo, e é o setor com maior capacidade de aumentar a taxa de crescimento de insumos e serviços de uma localidade (OLIVEIRA et al., 2019).

A figura 13 mostra a curva ABC de serviços com a porcentagem acumulada dos serviços mais relevantes do ponto de vista de custo de execução. O parâmetro adotado foi a classificação A para os itens que juntos abrangem 50% do custo total da estrutura, ou se aproximam deste valor; a classificação B são os itens que juntos abrangem 30% do custo e a classificação C são os itens que abrangem os 20% restante do custo total. Verificou-se que o serviço de execução das lajes e a armação dos pilares e vigas, juntos abrangem 44,87% e foram classificados como itens A. Os serviços de fabricação e montagem das formas, concretagem das vigas e pilares,

montagem das instalações sanitárias, vestiário e chuveiros foram classificados como B abrangendo 30,64%. E os demais itens foram classificados como C com 24,49%.

Para Lopes (2022), a curva ABC aborda o princípio de Pareto, onde afirma que 80% dos resultados vem de 20% das causas. Os cinco primeiros itens da figura 11 são 27,28% dos serviços da obra, mas abrangem 75,51% do custo total.

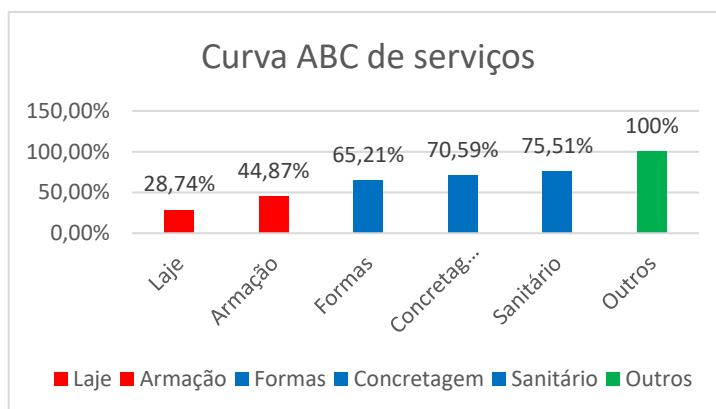


Figura 13 - Curva ABC de serviços
Fonte: Autor (2023)

A figura 14 ilustra a curva ABC de insumos. Observou-se que o aço de 12,5mm de diâmetro, a madeira compensada plastificada e o concreto usinado abrangem a classificação A, sendo esses itens o custo mais representativo. Os materiais das lajes, as tábuas, os pontaletes e o aço de 6,3 mm de diâmetro são classificados como B. E os demais insumos são os classificados como C.

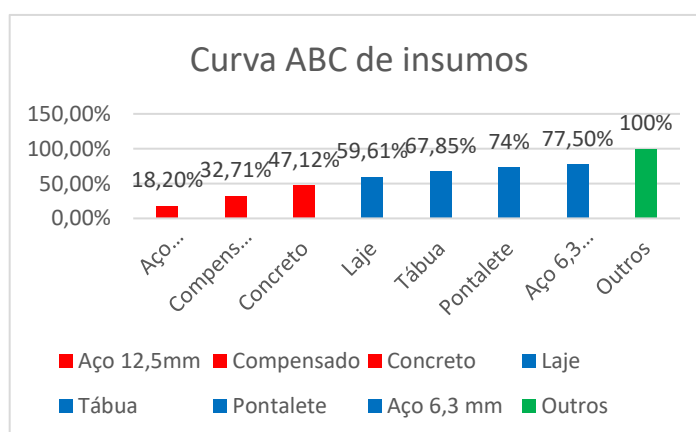


Figura 14 - Curva ABC de insumos
Fonte: Autor (2023)

A figura 15 ilustra o gráfico de Gantt que mostra a quantidade de dias necessários para se executar cada etapa. Chegou-se ao quantitativo de dias para cada atividade a partir dos índices de produtividade da mão de obra das composições da tabela SINAPI. Com os índices calculou-se a razão unitária de produtividade, RUP.

Utilizou-se a quantidade descrita anteriormente de colaboradores para calcular os dias necessários para se executar cada atividade. Verificou-se que, com os parâmetros adotados a obra duraria 683 dias de trabalho para ser executada.

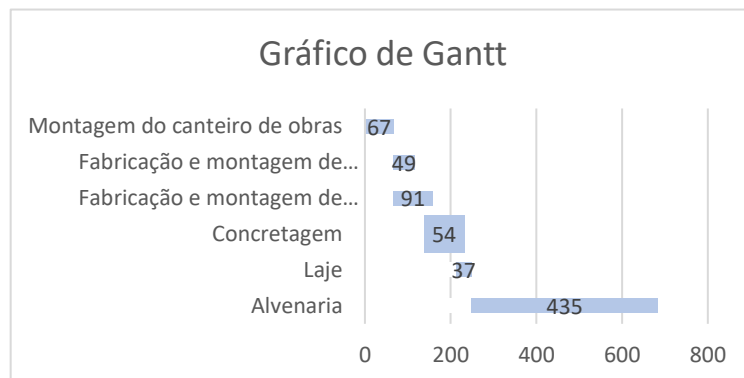


Figura 15 - Gráfico de Gantt
Fonte: Autor (2023)

A tabela 10 ilustra o levantamento do quantitativo de insumos oriundos das composições adotadas para o levantamento de custo, que podem se tornar resíduos.

Tabela 09 - Possíveis resíduos

Insumo	Qtd.
Compensado plastificado 2,20 m x 1,1 m	1242
Tábua de 2,5 cm x 20 cm e 6 m de comprimento.	1406
Pontalete de 7,5 cm x 7,5 cm e 6 m de comprimento.	1762
Sarrafo de 2,5 cm x 7,5 cm e 6 m de comprimento.	2779
Tábua de 2,5 cm x 30 cm e 6 m de comprimento.	201
Caibro de 7,5 cm x 7,5 cm e 6 m de comprimento	162
Compensado resinado 2,20 m x 1,1 m	278
Embalagem de cimento	494
Embalagem de cal	893
Kg de prego	808,12
Viga de madeira 6 cm x 12 cm e 6 m de comprimento	52
Kg de arame	1400,32
Parafuso 5/16" x 250 mm	620,13
Caibro 5 cm x 5 cm e 6 m de comprimento	15
Mourão D = 8 cm a 11 cm e 2,2 m de comprimento	36
Tábua 2,5 cm x 15 cm e comprimento de 6 m	5

Fonte: Autor (2023)

Verificou-se que os possíveis resíduos são classificados como do tipo B, resíduos recicláveis que tem outro tipo de destinação de acordo com os critérios da Resolução nº 307/02 do CONAMA.

Observou-se que para um projeto de execução de uma estrutura de concreto moldado in loco na cidade de Açailândia-MA há uma estimativa de geração resíduos sólidos consideráveis, sendo 213,09 m³ de madeira, 2210,92 Kg de metal e 1387 embalagens de cimento, conforme os dados da tabela 9. A geração de resíduos nos canteiros de obra tem sido alvo de atenção pois representa 81% dos resíduos sólidos urbanos, um impacto ambiental significativo para a sociedade (CUNHA, 2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados no desenvolvimento da pesquisa, pode-se indicar que o objetivo proposto foi alcançado. Dentre os principais resultados, destaca-se que a estrutura pré-fabricada apresentou padrões de sustentabilidade considerados excelentes, trazendo benefícios do ponto de vista ambiental para a cidade de Açailândia-MA.

No que tange aos impactos sociais e econômicos, constatou-se que uma estrutura de concreto moldado in loco e uma pré-fabricada, ambas gerariam empregos locais, além de uma vasta compra de insumos dentro da cidade e municípios arredores aquecendo o comércio local e gerando mais empregos diretos e indiretos.

O presente artigo contribuiu com a descrição do processo construtivo de uma estrutura de concreto pré-fabricada, servindo como parâmetro para tomadas de decisão de engenheiros e construtores no que se refere a estruturas pré-fabricadas e estruturas de concreto moldado in loco, além de contribuir para pesquisas futuras no tocante ao assunto.

No que se refere às limitações, pode-se destacar a ausência de mais informações por parte da empresa executante da obra, o acesso ao orçamento, cronograma físico-financeiro dentre outros documentos que possibilitariam uma análise mais detalhada. Outra limitação constatada foi referente aos preços de insumos e mão-de-obra da tabela SINAPI, pois são genéricos a todo o estado do Maranhão. Para uma abordagem mais precisa seria necessária uma cotação no comércio da cidade e região.

Por isso, em relação às futuras investigações, recomenda-se estudos com cotação de preço local, ou até mesmo considerar outras modalidades de construção como a alvenaria estrutural.

5 AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte de toda bondade e graça, pela oportunidade de estudar. À minha esposa Samara Monteiro Martins Costa, pelo apoio e incentivo neste período de estudo. À professora orientadora Ana Caroline Pereira Nolasco, pela dedicação, orientação e apoio neste processo de construção de trabalho de conclusão de curso.

Agradeço também a todos os professores, colegas, amigos e familiares pelo companheirismo e contribuição nesta jornada acadêmica. E a todos os que de maneira direta ou indireta, ajudaram e contribuíram à conclusão desta etapa acadêmica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 6120:2019**. Ação para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 6123:1988**. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 9062:2017**. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT **NBR 12284:1991**. Áreas de vivência em canteiros de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

AZOLIN, S.; BEVILACQUA, T. **Estudo de caso: “Uma análise técnica x financeira entre estruturas pré-fabricadas e executadas in loco em concreto armada”**. Palhoça: UNISUL 2019.

CAVALCANTI, I. V. C. A., **A utilização de pré-moldados de concreto armado visando a racionalização de obras públicas**. João Pessoa, UFPB, 2017.

CUNHA, I. B. **Análise dos impactos ambientais de concretos com agregados reciclado de resíduos de construção civil**. Porto Alegre: PUCRS, 2022.

FIRME, S. M.; MIRANDA, A.C.D. **Metodologia científica no ensino superior: um mapeamento da produção científica na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD); Catálogo da CAPES e Directory of Open Access Journal (DOAJ)**. *Revista Momento – diálogos em educação*, E-ISSN 2316-3100, v. 31, n. 02, p. 693-713, mai./ago., 2022.

GALVÃO, J. A. M., **Estudo da ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado**. Natal-RN, UFRN, 2020.

Google Earth – **GOOGLE**. Disponível em: < https://www.google.com.br/maps/@-4.9483133,-47.4773951,3a,75y,158.85h,95.1t/data=!3m7!1e1!3m5!1s9xqXovpaE5YTWUiybF80FAI2e0!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fpanoid%3D9xqXovpaE5YTWUiybF80FA%26cb_client%3Dmaps_sv.tactile.gps%26w%3D203%26h%3D100%26yaw%3D305.1896%26pitch%3D0%26thumbfov%3D100!7i16384!8i8192?entry=ttu> Acesso em 15 setembro 2023.

HOFFMANN, F., **Projeto de layout de canteiro de obra para as diversas fases da obra**. Florianópolis, UFSC, 2015.

LACERDA, M. M. S., **Análise da influência do grauteamento e da posição das armaduras na ligação viga-pilar em estruturas de concreto pré-moldado**. Uberlândia, UFU, 2016.

LOPES, D. V. **Prática de gestão de estoques em uma empresa de varejo da construção civil**. Natal-RN, UFRN, 2022.

NR 18 – **Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-18.pdf>> Acesso em: 15 maio 2023

NR 24 – **Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho**. Disponível em: < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-24-atualizada-2019.pdf>> Acesso em 22 maio 2023.

OLIVEIRA, P. V.; MENEZES, S. P. **Análise da importância da construção civil para o desenvolvimento da economia regional**. FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS, 2019.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002. Disponível em: < https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf>. Acesso em: 19 maio de 2023.

SAVIOLI, M. T.; CANASSA, P. L.; **Gerenciamento de obras: Análise comparativa de layout de canteiros de obras e verificação de adequação às normas regulamentadoras.** Campo Mourão, UTFPR, 2022

SENGER, E. W. **Percepção de construtores e incorporadores sobre industrialização na construção civil em Curitiba.** E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 10, n. 1, 2017

SILVA, A. R.; OLIVEIRA, F. M.; OLIVEIRA, L. A.; PEREIRA, M. S. A.; OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, R. M. Estruturas pré-moldadas: vantagens e desvantagens da sua utilização na construção civil. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/327181881.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2023.

SILVA, J. A.; SANTOS, V. D. O.; VIANA, D. F.; ARAÚJO, R. S. **Concreto reciclado: a importância de inserção de práticas sustentáveis para reduzir os impactos ambientais e econômicos da construção civil.** Research, Society and Development, v. 11, n. 17, e230111739180, 2022.

SILVA, A. C. N.; FREITAS, E. V.; MIRANDA, L. D. S.; BATISTA, M. A. B.; GOMES, R. P. **Análise do uso das formas de madeira em estruturas de concreto armado.** Jacobina, Faculdade AGES, 2022.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL- Cadernos técnicos de composições para armação para estruturas de concreto armado. Última Atualização: 04/2023.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL- Cadernos técnicos de composições para instalação de canteiros de obras. Última Atualização: 02/2023.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL- Cadernos técnicos de composições para formas para estruturas de concreto armado. Última Atualização: 04/2023.

VIZZOTTO, J. P. N., **Análise da aplicação das ferramentas de planejamento, controle e execução de projetos em microempresa de construção civil.** Florianópolis, UFSC, 2022.

ZEULE, L. O., **A sustentabilidade aplicada aos pré-moldados de concreto.** Revista Indústria em Concreto, 2015.