



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Jovana Noemia Lopes Pereira

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E MODULAÇÃO ESTRUTURAL ENTRE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E MOLDADA *IN LOCO* - ESTUDO DE CASO

Palmas – TO

2018

Jovana Noemia Lopes Pereira

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E MODULAÇÃO ESTRUTURAL
ENTRE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E MOLDADA *IN LOCO* -
ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas – TO

2018

Jovana Noemia Lopes Pereira

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E MODULAÇÃO ESTRUTURAL
ENTRE ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA E MOLDADA *IN LOCO* -
ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovado em: 07 / 11 / 2018

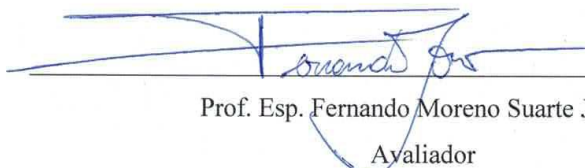
BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas

Orientador

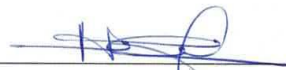
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Tailla Alves Cabral Brito

Avaliadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

Dedico primeiramente a Deus que me deu forças em toda graduação. Aos meus pais, que não mediram esforços pra me ajudar, minha filha. A toda minha família pelo carinho e apoio. E a todos que participaram direta e indiretamente na conclusão do curso (TCC).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos concebidas, por não me deixar fraquejar. Agradeço a meus pais Diva Lopes Pereira Alves e Raimundo Alves da Silva, que sempre estiveram ao meu lado, me encorajando e incentivando, fazendo o possível e o impossível para me ajudar. Aos meus familiares, em especial meus tios Antônio Lopes e Maria José Lopes Pereira por terem me ajudado por todos esses anos, sem medir esforços para que eu alcançasse meus objetivos. Ao meu esposo Saulo Medeiros Beckman pela paciência e por ter me apoiado nos momentos mais difíceis.

A minha prima e amiga Caroline Brito Pacheco pelo incentivo para entrar na faculdade e toda ajuda e palavras encorajadoras durante a graduação. Aos meus amigos de Paraíso do Tocantins, que sempre me apoiaram, e me ajudaram nessa caminhada, em especial Daniel Bezerra Barros que contribuiu muito na minha vida acadêmica. Agradeço também aos meus amigos que conheci durante a graduação, que estavam sempre ao meu lado nos momentos de desespero, e pela ajuda e apoio incondicional diante dessa tarefa árdua que temos que enfrentar todos os dias. Agradeço a todos os meus professores que contribuíram grandemente para minha formação ao longo desses anos, transmitindo não só conhecimento como valores que levarei comigo sempre.

RESUMO

PEREIRA, Jovana Noemia Lopes. **Estudo comparativo de modulação estrutural e viabilidade econômica entre estrutura pré-moldada e moldada in loco: estudo de caso.** 2018. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

Este trabalho tem como objetivo fazer um comparativo de modulação estrutural e viabilidade econômica, entre estrutura pré-moldada e moldada *in loco*. Para realizar o comparativo foram cedidos projetos (estrutural e arquitetônico) e orçamento de estrutura vicinal de dois pavimentos, por uma empresa especializada em estruturas pré-moldadas em Palmas-TO, onde posteriormente realizou-se o projeto da estrutura moldada *in loco* no software Eberick v10 utilizando o projeto arquitetônico cedido pela empresa, dando subsídios para que se possa comparar tantos aspectos de modulação estrutural, quanto a viabilidade econômica, através de quantitativos de concreto e aço gerados pelo programa. No projeto estrutural elaborado, inicialmente realizou-se uma concepção estrutural para decidir a posição dos elementos e seção, além de quais tipos de elementos estruturais utilizar, em seguida os dados foram lançados no software e processados, onde gerou-se fôrmas de dimensionamento e quantitativos de materiais, possibilitando a a análise comparativa de modulação estrutural com a estrutura pré-moldada dimensionada, onde constatou-se que o sistema estrutural pré-moldado atendeu melhor às características específicas deste projeto, porem apresenta ligações que não apresentam tanta rigidez quanto a estrutura moldada *in loco*. Com os dados apresentados pelo software elaborou-se uma planilha orçamentária, que totalizasse o valor da obra global e utilizou dados do SINAPI (Sistema Nacional de Índices e Custos da Construção Civil), onde foram feitos comparativos de quantidade de materiais utilizadas em cada projeto, onde constatou-se que o método mais viável economicamente seria o pré-moldado, pelo fato de não possuir gasto com formas e escoras, e o dimensionamento moldado *in loco* possuir peças mais robustas .

Palavras-chave: Estruturas. Orçamento. Pré-moldado.

ABSTRACT

PEREIRA, Jovana Noemia Lopes. **Comparative study of structural modulation and economic viability between precast and cast structure in loco: case study**. 2018. 82 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2018.

This work aims to make a comparative of structural modulation and economic feasibility, between preformed and molded structure in loco. In order to carry out the comparative, projects (structural and architectural) and budget of the two-storey vicinal structure were assigned by a company specializing in precast structures in Palmas-TO, where the design of the molded structure was carried out in loco in Eberick software v10 using the architectural design provided by the company, giving subsidies so that it is possible to compare many aspects of structural modulation, as well as economic viability, through concrete and steel quantitative generated by the program. In the elaborated structural design, a structural design was initially made to decide the position of the elements and section, in addition to what types of structural elements to use, then the data was released in the software and processed, where it was generated design and quantitative forms of materials, thus enabling the comparative analysis of structural modulation with the pre-cast structure dimensioned where it was found that the precast structural system better met the specific characteristics of this project, but it has connections that do not present as much rigidity as the molded structure in crazy With the data presented by the software, a budget spreadsheet was drawn up, totaling its value of the global work and using data from SINAPI (National System of Civil Construction Indices and Costs), comparing the quantity of materials used in each project , where it was found that the most economically viable method would be the precast, because it has no shape and anchoring expense, and the dimensioning molded in loco has more robust pieces.

Keywords: Structures. Budget. Pre-molded.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Elementos pré-fabricados empilhados, sobrepostos com papel parafinado.	16
Figura 2 - Cobertura pré-moldada. Terminais rodoviários urbanos de integração BRT-BH. .	17
Figura 3 - Estrutura de shopping center em Porto Alegre - RS.....	17
Figura 4 - Estrutura esqueleto de pré-moldado.	18
Figura 5 - Pisos estruturais pré-fabricados.	19
Figura 6 - Esquema de etapas de produção de pré-moldados.....	21
Figura 7 - Central dosadora de concreto.....	22
Figura 8 - Roletes endireitadores.....	23
Figura 9 – Bancada de manuseio de armadura, acompanhada de equipamento.....	24
Figura 10 – Máquina de corte e dobra.....	24
Figura 11 - Fôrma metálica.	25
Figura 12 - Armadura posicionada em fôrma, com consolo executado com solda.....	26
Figura 13 – Percurso das linhas de tensão.	27
Figura 14 – Ancoragem para armadura principal no consolo.	27
Figura 15 - Planta de situação do local da edificação.....	38
Figura 16 – Fachada frontal da edificação comercial, com balanço frontal e fundo.....	39
Figura 17 - Dados do software Eberick para dimensionamento de vigas.	41
Figura 18 – Modelo planilha de cálculo pré-dimensionamento de pilares.....	42
Figura 19 - Dados do software eberick para dimensionamento de pilares.....	43
Figura 20 - Áreas de influência dos pilares.	46
Figura 21 – Pavimento Térreo, estrutura pré-moldada.....	51
Figura 22 - Pavimento superior, estrutura pré-moldada.....	56
Figura 23 - Pavimento superior, estrutura moldada in loco.	58
Figura 24 - Pavimento cobertura, estrutura pré-moldada.	61
Figura 25 - Pavimento cobertura, estrutura moldada <i>in loco</i>	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento.	30
Tabela 2 – Relação entre resistência do concreto e classes de agressividade	31
Tabela 3 – Tabela de pré-dimensionamento de pilares.	47
Tabela 4 – Elementos pavimento térreo, estrutura pré-moldada.	52
Tabela 5 - Elementos pavimento térreo, estrutura moldada <i>in loco</i>	54
Tabela 6 - Elementos pavimento superior, estrutura pré-moldada.	57
Tabela 7 - Elementos pavimento superior, estrutura moldada <i>in loco</i>	59
Tabela 8 - Elementos pavimento cobertura, estrutura pré-moldada.	62
Tabela 9 - Elementos pavimento cobertura, estrutura moldada <i>in loco</i>	64
Tabela 10 – Planilha orçamentária- Estrutura moldada <i>in loco</i>	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo entre estrutura pré-moldada x moldada in loco.....	67
Gráfico 2 - Representação de custos obtidos.....	68
Gráfico 3 - Comparativo de quantidade de aço.	69
Gráfico 4 - Comparativo de quantidade de concreto.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABCP	Associação Brasileira de cimento Portland
NBR	Norma Brasileira
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.2 HISTÓRIA DO PRÉ-MOLDADO.....	16
2.3 SISTEMAS ESTRUTURAIS PRÉ-MOLDADOS	17
2.3.1 Pórticos	18
2.3.2 Estruturas para edificações	18
2.3.3 Painéis portantes	18
2.3.4 Pisos estruturais	19
2.3.5 Estrutura para fachadas.....	20
2.3.6 Unidades Células	20
2.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADOS.....	20
2.4.1 Vantagens	20
2.4.2 Desvantagens	20
2.5 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO.....	21
2.5.1 Materiais empregados.....	21
2.5.2 Fôrmas	25
2.5.3 Armaduras	25
2.5.4 Lançamento do concreto.....	28
2.5.5 Desmoldagem e cura do concreto.....	28
2.6 PRODUÇÃO DA ESTRUTURA DE EDIFÍCIOS COM CONCRETO ARMADO.....	29
2.6.1 Projeto Estrutural.....	29
2.7 ORÇAMENTO.....	33
2.7.1 Terminologia básica de custos.....	33
2.8 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS	34
2.8.1 Custos diretos	34
2.8.2 Custos Indiretos	35
2.9 CUSTO UNITÁRIO BASICO (CUB)	35
2.10 SINAPI	36

2.10.1 Apresentação do sistema	36
2.10.2 Categorização de orçamentos pela apresentação de informações	37
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 OBJETO DE ESTUDO	38
3.2 ESTUDO DO PROJETO ESTRUTURAL.....	40
3.2.1 Estrutura pré-moldada	40
3.2.2 Estrutura moldada <i>in loco</i>	40
3.2.3 Comparativo de projeto e modulação estrutural.....	43
3.3 ORÇAMENTO.....	44
3.3.1 Orçamento estrutura pré-moldada	44
3.3.2 Elaboração de orçamento de estrutura moldada <i>in loco</i>	44
3.3.3 Análise das propostas e interpretação de resultados.....	45
4 RESULTADOS E DISCUSSOES	46
4.1 PROJETO ESTRUTURA MOLDADA IN LOCO	46
4.1.1 Pré-dimensionamento	46
4.1.2 Lançamento da estrutura.....	49
4.1.3 Comparativo de modulação estrutural	50
4.2 ORÇAMENTO.....	65
4.2.1 Análise de propostas e interpretação dos resultados	67
5 CONCLUSÃO.....	71
6 REFERÊNCIAS	72
ANEXO.....	76
APÊNDICES.....	80

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução do mercado da construção civil, a utilização de novas tecnologias e maior controle tecnológico são essenciais para que se tenha um bom produto, porém por se tratar de soluções inovadoras na construção, não se tem parâmetros de custos e entendimento das vantagens em se construir por esse método, e até mesmo qual partido estrutural deveria ser usado.

O sistema de concreto armado pré-moldado, de acordo com a NBR 9062/2006, são elementos que são executados fora do local de utilização definitiva, no qual sua montagem necessita de máquinas apropriadas e mão de obra especializada. Já o método convencional não possui um controle tecnológico presente na maioria das vezes. Esses dois sistemas possuem suas vantagens e desvantagens, nesse sentido cabe ao projetista apresentar ao empreendedor o método mais viável para sua obra.

Com isso o presente trabalho, está voltado para o estudo comparativo de sistemas construtivos, buscando mostrar características específicas, e restrições de cada método, do ponto de vista estrutural, sendo demonstrado de um modo geral. Apontar diferenças no ponto de vista econômico, com a ajuda de softwares computacionais e tabela de preços fornecida pelo SINAPI. Sendo assim, esse comparativo se faz muito útil, pois demonstra as vantagens e as desvantagens de cada método construtivo, separadamente, relacionando o custo envolvido em cada etapa, e verificando o método mais viável.

A empresa na qual foram cedidos os projetos estruturais do sistema pré-moldado e orçamento possui um vasto conhecimento no setor e é pioneira na tecnologia de protensão no estado do Tocantins, fazendo com que se possa estudar com segurança o tema proposto e ter confiabilidade na obtenção dos dados especificados.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

No que diz respeito a estruturas pré-moldadas de concreto não se dispõe de informações e critérios para a elaboração de orçamentos e padrões de custo unitário básico. Como obter dados de auxílio para parâmetros comparativos e estimativa de custos e quais diferenças são observadas com relação a modulação estrutural dos elementos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver estudo de modulação estrutural entre estruturas pré-fabricadas e moldadas *in loco*, obtendo dados comparativos no ponto de vista estrutural e econômico em uma empresa de estruturas pré-moldadas na cidade de Palmas – TO.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o projeto da estrutura moldada *in loco*, utilizando o software Eberick V10;
- Comparar modulações estruturais e detalhes de projeto entre os métodos construtivos;
- Elaborar planilha orçamentária para a estrutura de uma edificação comercial de dois pavimentos, para estrutura moldada *in loco*;

1.3 JUSTIFICATIVA

Ainda que se tenha conceitos fundamentais de modulação de estruturas, cada processo e método construtivo possui particularidades em relação a insumos, quantidade de mão de obra, mobilidade. Se faz necessária a obtenção de informações que facilitem na tomada de decisões de qual método utilizar e se realmente atenderia a demanda do projeto específico.

Para projetos comerciais, são necessários estudos anteriores que prevejam os riscos e benefícios que envolvem a obra, que afetam diretamente a parte financeira e o cronograma, criando a necessidade da empresa construtora e seu responsável técnico em oferecer alternativas que melhorem o desempenho das edificações ao mesmo tempo em que facilitem a produção para que não se tenha possíveis aditivos e retrabalhos.

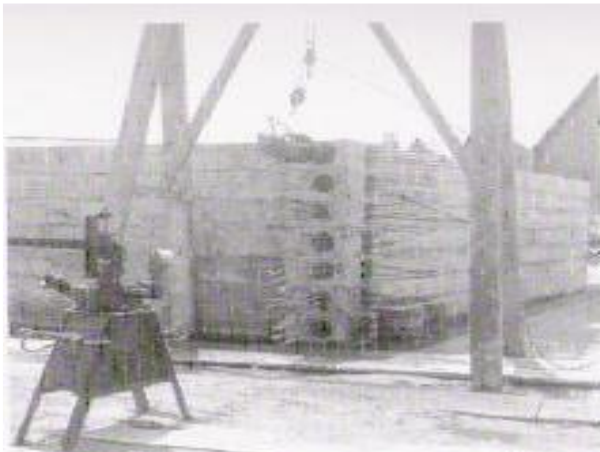
A pesquisa é relevante para que se possa ter parâmetros de viabilidade técnica e econômica de comparativo entre dois métodos construtivos distintos, um que costuma ser mais usual no mercado, e a nova tecnologia que são as estruturas pré-moldadas, que possuem vantagens em relação ao sistema convencional de construção do ponto de vista de execução e modulação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRIA DO PRÉ-MOLDADO

Na evolução da construção civil, não teríamos uma data específica de começo de produção de elementos pré-moldados, nos primórdios o concreto armado decorreu-se da pré-fabricação, logo se pode deduzir que os dois métodos tenham começado na mesma época (SERRA et. al., 2005). No Brasil, o início dessa tendência se deu com a construção do hipódromo da Gávea na cidade do Rio de Janeiro, a construção foi executada no ano de 1926 por uma empresa da Dinamarca, com filial situada no Brasil, dentro da categoria elementos pré-moldados, foram utilizadas, estacas para fazer fundações, e o cercado para o contorno da obra. Contudo somente e meados de 1950 ocorreu efetivamente, a realização de obras visando a produção em série e a economia de recursos, foram executados vários galpões, no respectivo campo da obra. Os artefatos eram produzidos na horizontal, de forma sobreposta, com a utilização de papel com material específico sendo dispensável à espera da cura do concreto. Por esse motivo aperfeiçoaram-se os prazos e o local de realização da obra (VASCONCELLOS,2002).

Figura 1 - Elementos pré-fabricados empilhados, sobrepostos com papel parafinado.



Fonte: Vasconcelos, 2002.

No contexto atual, ocorreram avanços na produção desses elementos, podendo ser utilizados de maneira que a arquitetura e elementos estéticos sejam evidenciados e mudar a imagem de um método monótono de construir (EL DEBS,2017). Na figura 2 são representados formatos arredondados o que mostra novas possibilidades de produção de elementos pré-fabricados.

Figura 2 - Cobertura pré-moldada. Terminais rodoviários urbanos de integração BRT-BH.



Fonte: EL DEBS, 2017.

Estruturas pré-moldadas, são muito utilizadas em edifícios comerciais, de grande porte como por exemplo: shoppings, ginásios esportivos e escritórios, por possibilitar a construção de grandes vãos sem que haja interferência de vigas e pilares, abaixo temos a figura 3 que mostra um edifício comercial, no qual mostra-se a aplicabilidade de esqueletos pré-fabricados:

Figura 3 - Estrutura de shopping center em Porto Alegre - RS



Fonte: BPM PRÉ-MOLDADOS LTDA, 2014.

2.2 SISTEMAS ESTRUTURAIS PRÉ-MOLDADOS

No âmbito da fabricação de elementos pré-moldados, são apresentadas soluções construtivas. No entanto estão inseridos em uma pequena quantidade de sistemas estruturais. Os modelos comumente utilizados são: pórticos, estruturas para edificações, painéis portantes, pisos estruturais, estrutura para fachadas, e unidades células de pré-moldado (ACKER, 2002).

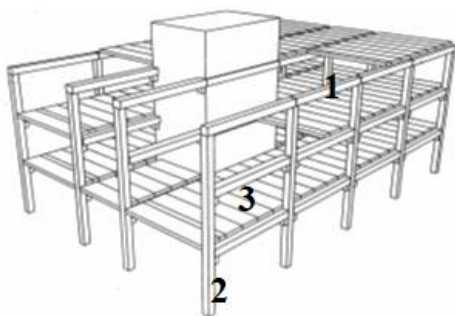
2.2.1 Pórticos

O sistema é composto por conjunto estrutural de elementos lineares tais como: vigas e pilares, são usualmente utilizados em obras comerciais, ou em locais onde há necessidade de maiores vão sem a intervenção de paredes (ACKER,2002). São ótimas opções pois apresentam boa funcionalidade, sendo ótimas opções para depósitos industriais, por terem uma boa competitividade econômica (SOARES,1998).

2.2.2 Estruturas para edificações

São apresentadas com o formato esqueleto de estrutura, composta por conjunto estrutural utilizando elementos como vigas de várias alturas garantindo autonomia para que o autor do projeto arquitetônico escolha a melhor solução portante, não interferindo nas instalações prediais da edificação, possibilitando um fácil acesso e flexibilidade para utilização da mesma, pelo fato de serem elementos independentes dos demais subsistemas (ACKER, 2002). A figura 4 representa o formato esqueleto composto por vigas (1), que tem a função de sustentar lajes, pilares que são engastados na fundação, garantindo a estabilidade global da estrutura (2) e lajes (3).

Figura 4 - Estrutura esqueleto de pré-moldado.



Fonte: ACKER (2002) adaptado.

2.2.3 Painéis portantes

Painéis portantes são empregados em fechamentos laterais em elevadores e núcleos de centro. São ideais para habitações e apartamentos, apontada como uma alternativa à parede em alvenaria convencional. Possuem vantagens como maior resistência ao fogo e acabamento uniforme e melhor conforto acústico (ACKER, 2002). Com o duplo objetivo de funcionar como fechamento e parte estrutural, esse tipo de modelo garante eficiência e vantagens com relação ao valor econômico, normalmente utilizado em edifícios de pequenas alturas, no máximo três pavimentos, com pilares engastados de forma contínua e vigas articuladas (EL DEBS,2017).

2.2.4 Pisos estruturais

Há uma grande variedade de pisos pré-moldados, sendo considerado o elemento mais antigo. São utilizados também em coberturas, podendo ser painéis alveolares, painéis nervurados, maciços, sistema misto e vigotas pré-moldadas. Utilizados em qualquer finalidade construtiva, não especificamente em estruturas pré-moldadas (ACKER, 2002). Não somente utilizadas em estruturas pré-moldadas, mas para outros tipos de materiais como por exemplo, estruturas em concreto moldado no local (ABCP,1994). Abaixo temos o exemplo de piso executado com laje alveolar:

Figura 5 - Pisos estruturais pré-fabricados.



Fonte: IGLESIA ,2006.

2.2.5 Estrutura para fachadas

As fachadas pré-moldadas são aplicadas em vários sistemas construtivos, assim como o piso, podendo ser projetadas como elementos estruturais ou fechamento. Possuem atribuições decorativas, ao mesmo tempo em que possuem função estrutural, sendo considerada uma alternativa acessível, dispensando elementos estruturais nas extremidades e vigas para suporte de piso (ACKER,2002).

2.2.6 Unidades Células

Combinação de células pré-fabricadas, tendo como áreas mais usuais: banheiros, e garagens. Vantajoso pela agilidade na execução e montagem, não necessariamente são montados in loco.

2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DE PRÉ-MOLDADOS

2.3.1 Vantagens

Segundo a (ABCIC,2013) e relação a métodos convencionais o pré-moldado possui algumas vantagens são elas:

- Diminuição nos prazos de entrega da obra;
- União da velocidade com diminuição de custos fixos, garantindo que o dinheiro retorne com mais rapidez;
- Maior qualidade nos processos, o que implica na redução do desperdício;
- Promove o desenvolvimento de um padrão, para a construção civil, em diferentes aspectos como: sustentabilidade, qualidade não mão-de-obra;
- Resistencia ao fogo;

Ainda com relação a sustentabilidade, possuem algumas informações relevantes, dentre elas a possibilidade de reutilização de peças, menor custo de manutenção e maior durabilidade.

2.3.2 Desvantagens

Podem ser citadas como desvantagens, fatores limitantes com relação a maquinário, e montagem, pela dificuldade de movimentação tanto no canteiro de obras, como o transporte em

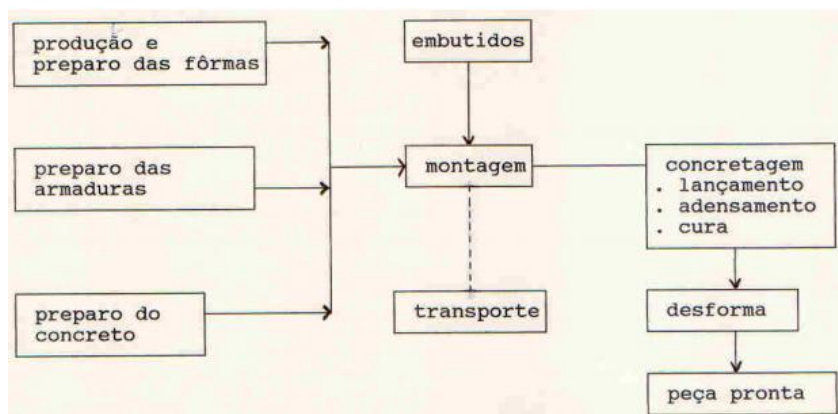
grandes centros, temos também a limitação em contornos arquitetônicos; necessidade que sejam feitos prognósticos, para possíveis ampliações de projeto, logo para liberação de projeto é necessário que se conheça a finalidade da edificação e as restrições a que estão submetidas (MELLO et. al.,2015).

No momento da passagem de projetos para fabricação, é necessário a análise de resistência dos elementos, tendo em vista que o transporte, faz com que a peça seja exposta a fenômenos naturais, trânsito, e vias irregulares. Como se tratam de elementos robustos, o transporte pode ser dificultado, sendo necessário, mais dias de viagem dependendo do seu local de destino, o que faz com que a mesma perca suas características (DUARTE et. al.,2017).

2.4 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

As etapas envolvidas em um processo de pré-moldagem dependem do sistema na qual são submetidas, moldados in loco ou produzidos em fábrica, em razão da necessidade de transporte, e demais procedimentos envolvidos. De maneira geral, a produção em fábrica demanda: serviços e estudos iniciais, execução dos elementos e atividades adicionais (EL DEBS,2017).

Figura 6 - Esquema de etapas de produção de pré-moldados.



Fonte: MELHADO (1998).

2.4.1 Materiais empregados

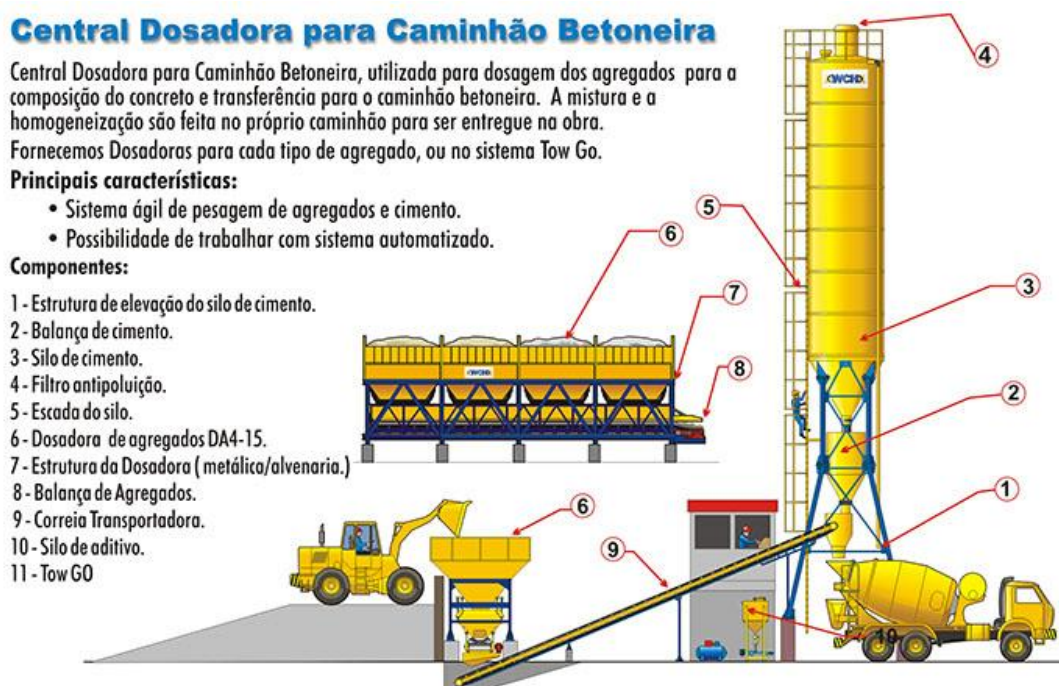
Na seleção de materiais é fundamental a organização e disposição de elementos, assim como um preparo para realização de processos posteriores. São realizados ensaios para avaliação da resistência do concreto, corte de aço com dimensões de projeto.

2.4.1.1 Concreto

Para a utilização em elementos pré-fabricados não estruturais a resistência mínima praticada deverá ser de no mínimo 15 MPa, para que se alcance a resistência necessária o concreto poderá ser misturado manualmente ou em central de concreto, o que consiste em dosagem em equipamento estacionário ou em caminhão betoneira, ou outro equipamento dotado ou não de dispositivo de agitação (NBR 12655,2006)

De acordo com Machado (2012), a mistura do concreto é caracterizada como um sub etapa na concretagem, que se dá pela instalação e procedimentos para preparo do material. A maior parte das fábricas de pré-fabricados possui sua própria central para dosagem e confecção do concreto. As centrais possuem as baias para estoque de agregados, central doadora de agregados, silos para aglomerantes, para aditivos minerais, reservatório de água, reservatório de aditivos químicos, balança de cimento, misturador de concreto, caçamba e dosagem na casa de comando. Na figura 7 temos o esquema que representa uma central de concreto de uma empresa de elementos pré-moldados.

Figura 7 - Central dosadora de concreto.



Fonte - WCH INDUSTRIAL (2018).

2.4.1.2 Corte e dobra

Para realizar o serviço de corte, são feitos de forma manual ou automatizada, em canteiros de obra o método manual é o mais utilizado, que utiliza tesourões especiais e

talhadeiras que são utilizadas para diâmetros menores que 6,3 mm, os tesourões com braços compridos permitem cortes de aço em barra com diâmetros maiores, já máquinas de corte executam o serviço e cortam várias barras de uma só vez apresentando um rendimento satisfatório (MELHADO,1998). A máquina utilizada para cortar o aço de forma automatizada é composta de roletes endireitadores que faz com a ferragem seja tirada da bobina, e tracionadores que tem como função exercer pressão no aço, até a máquina que irá realizar o corte (MARQUES,2013). A figura 8 mostra os roletes endireitadores, com aço posicionado sem nenhum empenamento:

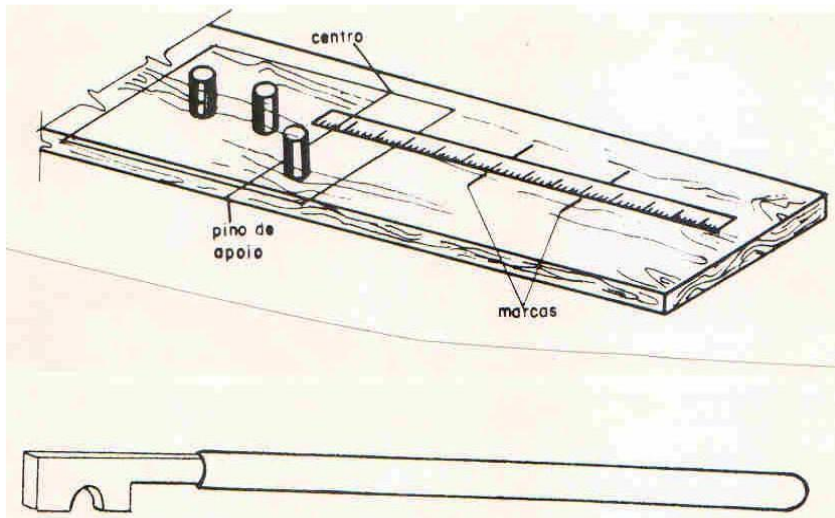
Figura 8 - Roletes endireitadores



Fonte – MARQUES (2013).

Após a realização do corte tem – se a etapa de dobra que pelo método manual são realizadas em bancadas de madeira, com camadas sobrepostas com espessura de 5,0 cm, que possuem pinos fixados, que auxiliam no processo juntamente com as chaves de dobra. A figura 9 mostra a bancada utilizada para esse processo com os pinos posicionados de forma que a dobra possa ser executada com o auxílio de ferramentas (MELHADO,1998).

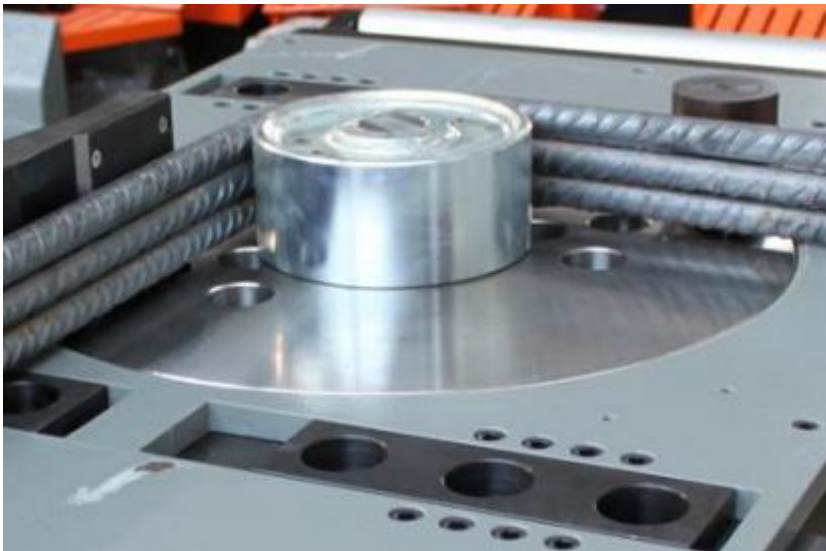
Figura 9 – Bancada de manuseio de armadura, acompanhada de equipamento.



Fonte: MELHADO (1998).

Assim como o corte existem máquinas que possibilitam a dobra do aço e funcionam devido a tensão aplicada no aço ser maior que o seu limite de deformação, deformando o material de modo a ser possível realizar a dobra não permitindo que ela volte ao seu estado natural (MARQUES,2013). Conforme mostra a figura 10.

Figura 10 – Máquina de corte e dobra



Fonte – MARQUES (2013).

2.4.2 Fôrmas

São parte principal dos processos pois garantem que as peças saiam com qualidade e controle necessários. As fôrmas devem ser ajustadas conforme o modelo e medidas do elemento projetado podem ser de diferentes tipos de materiais (NBR 9062). Deve ter resistência para suportar as forças decorridas do concreto, constância geométrica para que as peças executadas não venham a ter diferenças em suas dimensões (SOUSA,2013). É importante que tenham possibilidade de reutilização, sem quantidade excessiva de manutenções.

São empregadas certas características que garantem a melhor desmoldagem de elementos, a limpeza e aplicação de desmoldante, a inclinação para que não haja necessidade de desmontar a mesma. Não é recomendado que tenham cantos agudos, visando não causar estragos durante o manuseio (EL DEBS,2017).

Figura 11 - Fôrma metálica.



Fonte: SOUSA (2013)

2.4.3 Armaduras

São necessárias características básicas para a utilização das armaduras: verificar oxidação do aço, possíveis deformações, condições de armazenamento anteriores e fixação de ancoragem para o transporte de forma eficaz. As dimensões devem atender as especificações dispostas em projeto, para que o comprimento que possibilite o cobrimento da peça (NBR 9062, 2006).

Costumam ser manuseadas mecanicamente, com materiais dispostos em bobinas facilitando o trabalho dos operários aumentando significativamente a produção dos elementos. Tem – se a possibilidade de utilizar a solda, essencialmente na etapa de anexo dos consolos

nas peças, tendo em vista que a técnica é considerada viável por serem elementos produzidos em fábrica. Na realização do corte e dobra é preferível que o aço seja disposto sobre gabarito, após executada deverá ser armazenada de forma que não se danifique, para não prejudicar os processos posteriores (EL DEBS, 2017).

Figura 12 - Armadura posicionada em fôrma, com consolo executado com solda.



Fonte: EL DEBS (2017).

Com relação as disposições construtivas de acordo com a NBR 6092/2006, a seção transversal, espaçamento das barras, dobramento e fixação das barras e às suas emendas, à armadura de suspensão e às peças cintadas, no caso de armadura não protendida, aplica-se o disposto na NBR 6118/2014. Já ao espaçamento e à proteção dos elementos da armadura de proteção, à curvatura e às emendas das barras desta armadura, à solidarização de peças pré-moldadas, à armadura suplementar e à ancoragem da armadura de proteção aplica-se o disposto na NBR 7197.

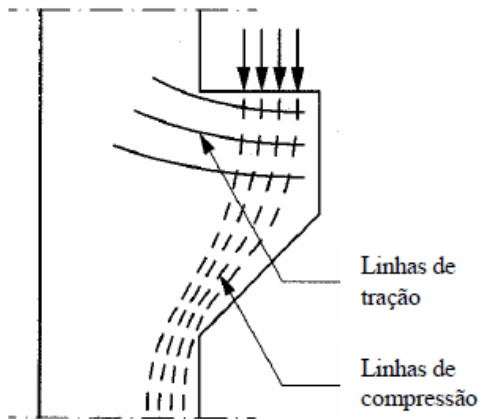
No caso das armaduras pré-tracionadas, o cobrimento mínimo do fio ou cordoalhas é de 2ϕ . O espaçamento entre os fios ou cordoalhas é, no mínimo, igual a:

- a) $2 \times \phi$;
- b) $1,2 \times$ (tamanho máximo do agregado);
- c) 2,0 cm.

Os consolos são uma particularidade dos elementos pré-moldados, logo as tensões consideradas nos cálculos são as de bielas comprimidas de concreto, e a tração no tirante

horizontal (ACKER, 2002). Na figura 13 são apresentadas as trajetórias das linhas de tensões decorrentes de um consolo carregado para dentro de um elemento de pilar.

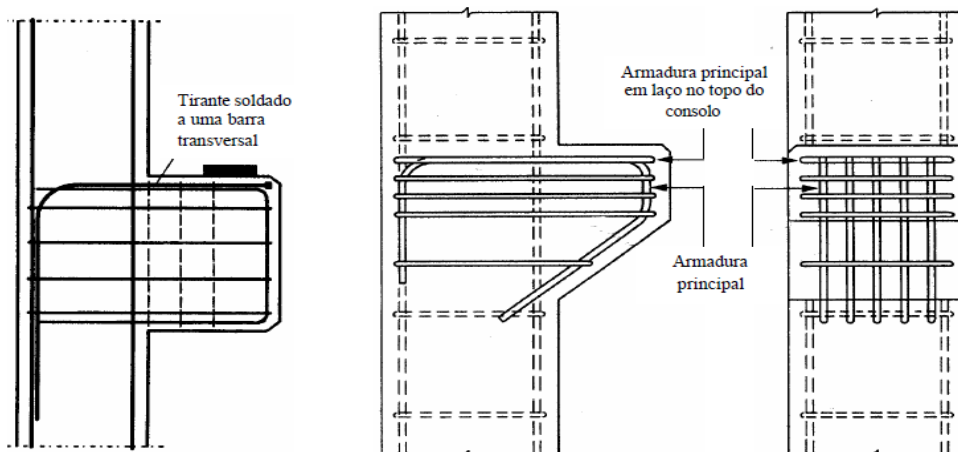
Figura 13 – Percurso das linhas de tensão.



Fonte - Adaptada de (ACKER, 2002).

As armaduras dos consolos tracionados devem ser ancoradas no pilar. Quando os consolos são nas duas faces dos pilares, a armadura dos tirantes interliga os dois consolos. Para um único consolo a armadura principal deve ser devidamente ancorada no lado oposto do pilar e com sobreposição junto à armadura longitudinal do pilar (ACKER, 2002). Conforme a figura 14:

Figura 14 – Ancoragem para armadura principal no consolo.



Fonte - Adaptada de (ACKER, 2002).

2.4.4 Lançamento do concreto

Após ser lançado, o concreto deve ser acomodado através da vibração, força centrífuga ou método de prensar, sendo liberado um ou mais métodos simultaneamente. Deve ser feito de forma que ocupe toda a superfície da fôrma, com cuidado para que o material não seja segregado e o vibrador de imersão não entre em contato com a armadura, podendo causar vazios no entorno da mesma. Para vibradores de imersão, são exigidas espessuras iguais a 3/4 do tamanho da agulha, deve ser garantida distância para que o concreto seja uniformemente adensado, caso o concreto utilizado seja auto-adensável é dispensada a utilização de vibrador (ABNT, NBR 9062, 2006).

2.4.5 Desmoldagem e cura do concreto

Se tratando de elementos pré-moldados, é necessário que as peças tenham rotatividade com relação as fôrmas, isso exige que a cura do concreto seja mais rápida para que não se perca agilidade no processo, dando continuidade na produção de novos elementos. Existem algumas maneiras de agilizar o procedimento são eles: empregar aglomerantes com alta resistência inicial, fazer uso de aditivos, o aumento de temperatura (EL DEBS, 2017).

O processo de desmoldagem exige que o elemento seja içado do seu leito, sendo necessária a utilização de dispositivos de içamento, os mais usuais são: cinta, balancim, cabo de aço (MACHADO, 2012). São utilizados os seguintes métodos de retirada de peças:

- Direto: Retirada de peças através de elevação, com ou sem a retirada de partes na lateral da fôrma
- Por segmentação de elementos: Esse tipo de desmoldagem envolve as fôrmas tipo bateria, usadas usualmente em painéis.
- Tombamento: Também utilizadas em painéis é executada através do tombamento de fôrmas.

Para elementos de concreto protendido, o processo é feito naturalmente a resistência da protensão é transferida para o elemento.

2.5 PRODUÇÃO DA ESTRUTURA DE EDIFÍCIOS COM CONCRETO ARMADO

2.5.1 Projeto Estrutural

Para Carvalho e Pinheiro (2009) a definição do processo construtivo, assim como a escolha do sistema estrutural devem levar em consideração os seguintes parâmetros: comprimento dos vãos, finalidade da edificação, projeto arquitetônico, cargas de utilização, disponibilidade de equipamentos mão-de-obra, custos, e compatibilização com os demais sistemas envolvidos na edificação.

Segundo a NBR 6118/2014 O projeto deve seguir o roteiro que engloba diretrizes fundamentais de dimensionamento e concepção, definidas em estudos preliminares onde são divididas em:

- a) Indicações dos materiais adotados
- b) Ações pertinentes a serem consideradas
- c) Dimensões mínimas para cada elemento estrutural
- d) Avaliação da estabilidade global e deslocamentos globais horizontais
- e) Avaliação dos deslocamentos verticais imediatos e de longo prazo nos pavimentos.

2.5.1.1 Indicações dos materiais adotados

Para garantir o conforto e durabilidade da estrutura, o dimensionamento deve impor condições na qual a estrutura está exposta na época do projeto, garantindo a vida útil da edificação, para que isso ocorra deverão ser seguidas algumas condições de projeto (NBR 6118/2014). São elas:

- a) Classe de agressividade:

De acordo no a NBR 6118/2014 a agressividade do ambiente é considerada com base no tipo de ações às quais a estruturas de concreto estão expostas, desconsiderando ações relacionadas ao volume, variações de temperatura, retração hidráulica e as demais previstas ao dimensionar a estrutura. A tabela 1 mostra os riscos de acordo com cada tipo de ambiente.

Tabela 1 - Classificação das classes de agressividade ambiental e o cobrimento.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte - NBR 6118/2014.

b) Cobrimento e qualidade do concreto

O cobrimento mínimo ($c_{mín}$) é garantido, considerando o cobrimento nominal (c_{nom}), no projeto e execução que consiste no cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (D_c). Assim, as dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais, estabelecidos na Tabela 2, para $D_c = 10$ mm.

Tabela 2 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte - NBR 6118/2014.

Na falta de ensaios que comprovem o desempenho e durabilidade da estrutura com relação ao tipo e classe de agressividade prevista em projeto devem estabelecer os parâmetros mínimos a serem atendidos. Com a falta destes e devido à uma forte correspondência entre a relação água/cimento e a resistência à compressão do concreto e sua durabilidade, permite-se que sejam adotados os requisitos mínimos expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Relação entre resistência do concreto e classes de agressividade

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte - NBR 6118/2014.

2.5.1.2 Ações

Segundo a NBR 6118/2014, as ações são divididas em: ações permanentes e ações variáveis. Onde as ações permanentes ocorrem de forma constante ou aumentem até alcançar seu valor limite. As ações permanentes diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura, pelos pesos dos elementos construtivos fixos, das instalações permanentes e dos empuxos permanentes. As ações permanentes indiretas se constituem por deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio, imperfeições geométricas e protensão.

As ações variáveis constituem-se por cargas acidentais previstas para o uso da construção, pela ação do vento e da água, devendo-se respeitar as prescrições feitas por Normas Brasileiras. A ação do vento esforços solicitantes relativos à ação do vento devem ser considerados e recomenda-se que sejam determinados de acordo com o prescrito pela NBR 6123/2013, permitindo-se o emprego de regras simplificadas previstas em Normas Brasileiras específicas.

Já as ações da água para o nível d'água adotado para cálculo de reservatórios, tanques, decantadores e outros deve ser igual ao máximo possível compatível com o sistema de extravasor, considerando apenas o coeficiente $g_f = g_{f3} = 1,2$, conforme NBR 8681. Em estruturas em que a água de chuva possa ficar retida deverão ser consideradas presença de uma lâmina de água correspondente ao nível da drenagem efetivamente garantida pela construção.

2.5.1.3 Dimensões mínimas para cada elemento estrutural

Dispor de valores-limites mínimos para as dimensões de elementos estruturais de concreto objetiva evitar um desempenho inaceitável para os elementos estruturais e propiciar condições de execução adequadas (NBR 6118/2014).

Para Vigas e vigas-parede a seção transversal não pode dispor de largura menor que 12 cm e a das vigas-parede, menor que 15 cm. Estes limites podem ser reduzidos, respeitando-se um mínimo absoluto de 10 cm em casos excepcionais, sendo obrigatoriamente respeitadas as seguintes condições: alojamento das armaduras e suas interferências com as armaduras de outros elementos estruturais, respeitando os espaçamentos e cobrimentos e lançamento e vibração do concreto, para pilares e pilares-parede seção transversal de pilares maciços, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm. Em casos especiais, aceita-se consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional g_n . Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm² (NBR 6118).

Para Bacarji (1993) para o pré-dimensionamento de pilares utiliza-se o método de áreas de influência, que consiste em dividir o pavimento em áreas de influência, estimar as cargas que cada pilar irá receber. Partindo desse ponto são determinados parâmetros, que permite o cálculo de seção transversal. Para a obtenção dessas áreas divide-se as distâncias entre o centro dos pilares em intervalos que variam de 0,45l á 0,55l dependendo da posição do pilar, onde 0,45l se utiliza para pilar de canto, na direção de menor dimensão do pilar e 0,55l para completo dos vãos.

2.5.1.4 Avaliação da estabilidade global e deslocamentos globais horizontais

As estruturas devem ser projetadas de maneira que resistam as ações horizontais e verticais que nela atuam, contendo elementos que garantam a estabilidade, admitindo-se deformações

mínimas que não prejudicam o desempenho da mesma. Tais deformações podem surgir através de erros na geometria construtiva (OLIVEIRA, 1998).

2.6 ORÇAMENTO

O produto gerado pela orçamentação, que se caracteriza pela aproximação de custos, envolvendo a identificação, quantificação, estudo e valorização, sendo necessário um grande conhecimento técnico, experiência e adequação a cada tipo de projeto. Levando em consideração que o mesmo será feito antes da construção propriamente dita, são necessários estudos preliminares para que não gerem considerações inoportunas (MATTOS,2006).

No documento concebido pela orçamentação são registradas as operações de cálculo de custo da construção correspondente a execução de todos os serviços previstos nas especificações técnicas (NBR 12721,2005).

Para Mattos (2006) a realização do orçamento é composta por três grandes etapas de trabalho, que envolve o estudo das condicionantes que se caracteriza pela identificação de dos serviços e suas respectivas quantidades, a composição de custos que abrange o levantamento dos quantitativos, discriminação dos custos diretos e indiretos, cotação de preços e definição de encargos sociais e trabalhistas, e fechamento do orçamento, são definidas as lucratividades, os cálculos de benefício de despesas indiretas. Cada uma das fases representa um estudo maior de projeto que é imprescindível, para que um orçamentista tenha informações necessárias para analisar o grau de dificuldade de realização de tarefas e os serviços a serem realizados.

2.6.1 Terminologia básica de custos

Segundo Pedriva (2009), são necessários conceitos importantes no estudo de custos são eles:

- Custo: são os gastos necessários, para a produção de um bem ou serviço, por meio da utilização de insumos, como matéria prima, mão de obra direta e atividades indiretas
- Gasto: Desgaste resultante, danificação ou inutilização pelo uso de um produto;
- Consumo: Termo que se refere ao uso do produto até a sua completa utilização;
- Despesa: É um recurso consumido em um determinado espaço de tempo gerando decréscimo de patrimônio.

2.7 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

2.7.1 Custos diretos

Para Tisaka (2006), são custos envolvidos na produção da obra forma direta, por exemplo: insumos, mão-de obra, e equipamentos e posteriormente toda a infraestrutura necessária. Esses custos são representados em uma planilha onde são representados, os quantitativos de serviços e seu devido custo unitário, resultado da composição de custo, custo com preparação de canteiros mobilização e desmobilização, e custos de administração específica do local, gastos com equipe técnica, administrativo e de apoio.

2.7.1.1 Custo direto de materiais

Os custos com materiais representam 60% do valor de uma construção, sendo que para perdas são considerados 5%. Se torna essencialmente necessário que se observe as condições e qualidade do insumo exigido, as condições de fornecimento, armazenamento e manuseio (LIMMER,1997).

A cotação de preço dos materiais é tida como uma tarefa que exige cuidado, tendo em vista que, várias são as formas de pagamentos e nem sempre o fornecedor atende ao escopo exigido pelo orçamentista. Uma vez definidos os materiais a serem empregados na obra, a cotação deve ser realizada junto aos fornecedores do mercado (MATTOS,2006).

2.7.1.2 Custo direto de mão de obra

Esse item está relacionado com salário dos trabalhadores, que manipulam os materiais, com o acréscimo de encargos sociais, e outras despesas que abrangem a participação dos trabalhadores na obra (TISAKA,2006). Levando em consideração que uma obra pode chegar a 50% de seu custo composto o por mão de obra, e de grande importância que a estimativa desse item seja bastante precisa (MATTOS,2006).

2.7.1.3 Custo direto de equipamentos

De acordo com o porte da obra, os equipamentos ocupam várias frentes de serviço. Quando se adquire um determinado equipamento, o construtor está investindo um capital que

poderia estar tendo rentabilidade bancária, e o uso contínuo do equipamento acarreta despesas diárias (MATTOS,2006).

O custo horário é tido como a unidade mais usual de atribuir valores, pois é dessa forma em que aparece nas composições de custos unitários. Quando o equipamento é propriedade do construtor, não são levados em consideração apenas os custos básicos de operação como por exemplo: combustível e operador, com o passar do tempo, ocorre a desvalorização dos equipamentos, sendo necessário que no orçamento esse valor seja levado em consideração (MATTOS,2006).

2.7.2 Custos Indiretos

Para Tisaka (2006), esses custos específicos são provenientes da parte de administração central, ligados a uma determinada obra, incluindo o rateio de custos com administração e despesas com salário dos funcionários, viagens planejamento e compras. O custo indireto, diferente dos custos diretos, não tem relação direta com a quantidade de produção, tendo como exemplo a alimentação de uma equipe que deverá ser fornecida todos os dias independentemente da quantidade de serviço a ser produzida (MATTOS,2006). Podemos representar os custos indiretos de acordo com a equação 1:

$$\text{Preço de Venda (PV)} = \text{Custo Direto (CD)} + \text{BDI} \quad (1)$$

Para Mattos (2006), o BDI (Bonificação de Despesas Indiretas) é a porcentagem que deverá ser aplicada sobre o custo indireto dos itens para que se chegue em preço de venda.

2.8 CUSTO UNITÁRIO BASICO (CUB)

Para Mattos (2006) o CUB caracteriza o custo da obra por metro quadrado, de cada um dos modelos de imóveis pré-estabelecidos estabelecidos. Cada projeto-padrão é orçado aplicando-se os fatores presentes na NBR 12.721, onde estão presentes os preços unitários dos insumos (materiais e mão de obra) dessa forma o CUB é resultado da mediana calculada de cada material representativo coletado junto à construtora multiplicada pelo peso que lhe é atribuído de acordo com o padrão calculado. A pesquisa de preços é feita mensalmente pelos sindicatos da construção, juntamente com as construtoras que informam os valores praticados. Com relação a mão de obra são aplicados coeficientes correspondentes a encargos trabalhistas e previdenciários.

São estabelecidas segundo Goldman (2004) os projetos-padrão especificados pela NBR 12.721 possuem as seguintes características e especificações de acabamento:

- Edificação: Considera-se edificações habitacionais e comerciais;
- Descrição do projeto padrão: Considera – se os seguintes projetos – habitação com um pavimento; habitação com quatro pavimentos; habitação com oito pavimentos; habitação com doze pavimentos;
- Padrão de construção: Considera-se os padrões – alto, normal e baixo;
- Área de construção: Para áreas de construção privativas das unidades autônomas - 60 metros quadrados; 100 metros quadrados.

Para obter o custo global da construção adiciona-se:

- Produto da área de construção global pelo custo unitário básico que corresponde ao projeto-padrão de forma semelhante ao da edificação objeto da incorporação;
- Parcelas extras relativas a todos os elementos não incluídos quantitativamente pelo projeto-padrão considerado, tais como:
 - Aumento de custos a fundações especiais, elevadores, instalações especiais, equipamentos diversos, obras complementares.
 - Impostos e taxas.
 - Custo dos projetos.
 - Remuneração do construtor.

2.9 SINAPI

2.9.1 Apresentação do sistema

O Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), foi criado pelo Banco Nacional de Habitação no ano de 1969, com intuito de fornecer informações sobre custos de construções habitacionais. O sistema foi adotado pela Caixa Econômica Federal no ano de 1986, como referência comparativa para análise de custos de obras habitacionais. Em 1994, com a necessidade de uniformização dos métodos de análise de engenharia, o sistema passou a abranger tantas obras de edificações saneamento e infraestrutura urbana (CAIXA,2017).

Através do decreto 7.983/2013, que estabelece critérios e regras para elaboração de orçamentos contratados e executados com recursos da união, o SINAPI foi indicado como principal referência de custos para obras urbanas (CAIXA,2017).

O SINAPI comunica mensalmente no site oficial da Caixa Econômica Federal os custos dos insumos, de mão de obra e de projeto. Essas informações são passadas conforme o preço médio unitário praticado em cada estado. O controle e as atualizações dos dados publicado são de responsabilidade dos dois órgãos mantenedores do sistema (TCU, 2014).

2.9.2 Categorização de orçamentos pela apresentação de informações

As apresentações de planilhas orçamentarias se diferem na forma de disposição dos itens que à compõe, onde temos o modelo de planilha sintética, que dispõe os custos de uma obra agrupando serviços por macro itens ou etapas. Já o modelo analítico expõe detalhadamente o que compõe cada macro item apresentando custos unitário de cada serviço a ser executado, além de parcela de recursos indiretos.

3 METODOLOGIA

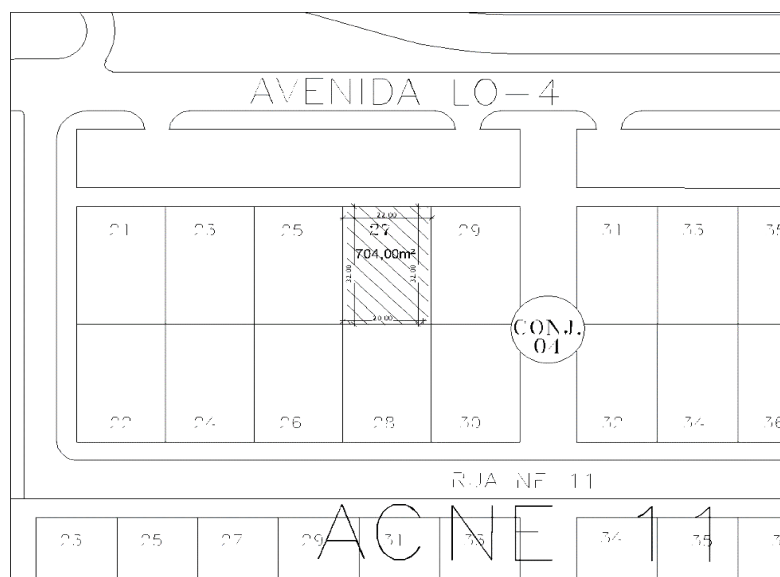
Para o desenvolvimento do estudo proposto, caracterizado como estudo de caso de caráter quali-quantitativo, utilizou-se um projeto base, no qual a estrutura pré-moldada está dimensionada no software TQS, e posteriormente será dimensionada moldada *in loco* no software Eberick V10, onde são feitas análises de modulação e características que distinguem os métodos construtivos abordados. O programa utilizado é aplicado de acordo com a NBR 6118/2014, que contempla os meios de dimensionamento e carregamento utilizados, considerando carregamento de paredes e cargas acidentais.

Com base nos quantitativos gerados, elaborou-se uma planilha sintética onde constam os custos de estrutura moldada *in loco* que posteriormente foi comparada com os custos da estrutura pré-moldada, através de planilha orçamentaria adquirida em uma empresa de elementos estruturais pré-fabricados.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

O projeto utilizado para estudo consiste em uma edificação de caráter comercial bastante usual, do tipo vicinal, localizada na quadra 104 Norte, avenida LO – 04, Conjunto 04, Lote 27 em Palmas – To. A localização está representada através de planta de situação na figura 15:

Figura 15 - Planta de situação do local da edificação.



Fonte: Empresa de elementos pré-moldados (2018).

A edificação conta com três metros de balanço frontal e fundo, contemplando uma área útil de 420,70 m² de pavimento superior, e 317,62 m² no pavimento térreo, as plantas baixas estão representadas no Anexo A desse projeto os cortes e fachadas estão representados no anexo B deste trabalho. Esse modelo de construção permite a melhor utilização do terreno tendo em vista que o código de obras da cidade impõe afastamentos mínimos que devem ser obedecidos, contudo a parte estrutural se torna complexa tendo elementos estruturais mais robustos.

O pavimento térreo apresenta 5,80 m de pé direito, possui duas áreas de eventos, área para depósito, dois banheiros PNE femininos e dois banheiros PNE masculinos, incluindo um espaço reservado a escada e instalação de elevador, que vai do pavimento térreo para o pavimento superior. O pavimento superior apresenta 3,30 m de pé direito, conta com um salão principal, três lavabos femininos e três lavabos masculinos.

Figura 16 – Fachada frontal da edificação comercial, com balanço frontal e fundo.



3

VISTA 3D FRONTAL 02

Fonte: Empresa de elementos pré-moldados (2018).

3.2 ESTUDO DO PROJETO ESTRUTURAL

3.2.1 Estrutura pré-moldada

O projeto foi elaborado por uma empresa especializada em estruturas pré-moldadas, no qual foram cedidos os projetos de fôrmas, onde constam as dimensões de pilares e vigas calculados de acordo com as configurações do software TQS utilizado, obedecendo as normas que competem a elementos pré-moldados e a estruturas em concreto armado em geral, o concreto utilizado possui alto controle tecnológico tendo sua Resistência Característica do Concreto à Compressão (f_{ck}), de 30MPa, assim como laje alveolar adotada pela empresa como melhor solução para o projeto arquitetônico em questão que possui um f_{ck} de 50MPa . Para a fundação, foram utilizadas estacas escavadas com blocos de coroamento.

3.2.2 Estrutura moldada *in loco*

O projeto foi elaborado no escritório modelo de engenharia, localizado no CEULP ULBRA, onde foram decididos partidos estruturais e modulação dos pilares, dimensões das vigas e tipo de laje que esteja de acordo com método construtivo adotado e dentro dos padrões do desenho arquitetônico, para meios de comparativos a escada não foi dimensionada.

O processo de realização do projeto se resume basicamente em três etapas: a concepção estrutural, que consiste em um pré-dimensionamento dos elementos. A segunda etapa que consiste no lançamento da estrutura no programa computacional, e a terceira etapa que consiste na verificação de acordo com as normas brasileiras de concreto armado regida pela NBR 6118/2014 onde são fixados os requisitos básicos exigíveis para execução de projeto estrutural.

Para minimizar os erros de projeto foram utilizados os recursos do software EBERICK V10, que consiste em verificações que garantam a segurança da estrutura e que o dimensionamento esteja dentro dos padrões normativos, tendo em vista que dimensionar estruturas é uma tarefa bastante complexa que exige o máximo de cautela com a tomada de decisões.

Em sua configuração básica o software apresenta parâmetros para dimensionamento que consistem na resistência necessária dos materiais determinada como no mínimo 20 MPa para o concreto onde para o projeto em questão adotou-se 30 MPa, classe de agressividade que leva em consideração o ambiente no qual a estrutura está exposta, sendo caracterizada para esse caso como classe de agressividade I, por situar-se em Palmas – TO e ser uma capital nova sem

muita poluição o cobrimento mínimo das armaduras para concreto armado de 2,5 cm. Para esse projeto não se aplica a análise de vento, levando em consideração que a NBR 6118/2014 desconsidera essa ação para prédios com número de pavimentos inferior a quatro.

Para o pré-dimensionamento de vigas foram utilizadas alturas iniciais de L/12 onde: L(vão maior) para vigas contínuas, e L/5 para vigas em balanço, levando em consideração que as paredes do projeto possuem 20 cm, esta medida foi adotada como base. Para esse elemento foram definidas as seguintes configurações conforme os dados na figura 18:

Figura 17 - Dados do software Eberick para dimensionamento de vigas.

Fonte: Eberick V10 (2018).

De acordo com a 6118/2014, a menor seção de um pilar é de 19 cm ou 360 cm²: Para o pré-dimensionamento de pilares inicialmente utilizou-se uma medida de 20 cm de base sendo determinada pela espessura das paredes, posteriormente foram determinadas as áreas de influência no projeto, com os valores foram encontrados elaborou-se tabela onde são inseridos os dados da equação 1 de acordo com a proposta de Pinheiro (1985) adaptado:

$$A_c = \frac{\beta \cdot A_i P(n + 0, 7)}{0, 85 \cdot f_{cd} \cdot + \rho \cdot \sigma_{sd}} \quad (1)$$

Onde : β = Coeficiente adotado em função da posição do pilar sendo definido pelo coeficiente de segurança (γ_f) para pilares (Interno 1,8 Extremidade 2,2 Canto 2,5).

n = Numero de pavimentos

P= carga uniformemente distribuída na laje

A_i = Área de influência

ρ = taxa geométrica de armadura

σ_{sd} = tensão no aço relativa a deformação específica 0,002

A planilha foi elaborada nos moldes da figura 18:

Figura 18 – Modelo planilha de cálculo pré-dimensionamento de pilares.

Pilar	Tipo	Área de influência (m ²)	Nd (KN)	Ac (cm ²)	a (cm)	b (cm)
1	Canto					
2	Extremidade					
3	Extremidade					
4	Canto					
5	Extremidade					
6	Intermediário					
7	Extremidade					

Fonte: AUTOR (2018).

Figura 19 - Dados do software eberick para dimensionamento de pilares.

Dimensionamento [Pilares]

Pilares Vigas Lajes Sapatas Blocos Muros

Estribos

Separar trechos com diferença de armadura maior que 10 %

Espaçamento mínimo 7 cm

Espaçamento mínimo (topo e base) 4 cm

Espaçamento múltiplo de 1.0

Tamanho mínimo do(s) trecho(s) 40 cm

Percentual mínimo em pilares-parede 25 %

Esperas

Tipo auto

Permitir bitola menor que superior

Adotar espera da fundação igual ao pilar superior

Permitir carga nula ou negativa

Usar armadura simétrica para pilares quadrados

Usar armadura simétrica para pilares compostos

Usar momento mínimo

Dispensar imperfeições locais se for atendido

Considerar efeitos localizados de 2ª ordem em pilar parede

Processo Rigidez aproximada

Limites

Taxa de armadura máxima 4 %

Número máximo de barras numa face de seção 90

Seção transversal mínima 360 cm²

Dimensão mínima 14 cm

Linha neutra... Coeficientes...

Fonte: Eberick V10 (2018).

Para o item laje adotou-se laje do tipo treliçada com revestimento do tipo de EPS Unidirecional, Dimensões B12/40/40 e B16/30/125; foram dimensionadas todas sem engastamento, com capa de quatro centímetros. O projeto possui apenas laje de piso e laje de caixa d'água, para que o projeto tenha os mesmos elementos estruturais do dimensionamento da estrutura pré-moldada. O pré-dimensionamento se deu através de $Lx/40$ onde: Lx (Vão menor).

O tipo de fundação adotada foi sapata, considerada fundação rasa que tem suas configurações de acordo com a norma inseridas no software utilizado nessa pesquisa se equiparando à fundação utilizada nos elementos pré-moldados. Tendo como profundidade mínima prevista de 1,5 m de acordo com a NBR 6122/2010 para o tipo de fundação. Como não se dispõe das informações necessárias do solo optou-se por considerar um solo coesivo com uma tensão admissível de 2,0 kgf/cm².

3.2.3 Comparativo de projeto e modulação estrutural

Posteriormente ao dimensionamento dos itens de superestrutura e infraestrutura, foram apresentadas as plantas de fôrma e locação dos dois métodos construtivos com dimensionamento dos pavimentos, para a verificação de disposição dos elementos com relação

ao projeto arquitetônico. Para a melhor visualização e entendimento, os dados referentes aos elementos estruturais, foram apresentados em forma de tabela onde consta a quantidade de itens, dimensões de vigas, seções de pilares, dimensões de fundações e lajes. Posteriormente a apresentação do dimensionamento foi analisada a viabilidade de projeto, modulação estrutural, características específicas que beneficiam cada método construtivo, bem como limitações que prejudicam cada método, a análise foi feita por pavimento separando cada elemento estrutural analisado.

3.3 ORÇAMENTO

3.3.1 Orçamento estrutura pré-moldada

Obteve-se a planilha orçamentaria da estrutura pré-moldada em empresa especializada em elementos estruturais pré-moldados, onde constam o valor global da obra, assim como cada item da estrutura discriminados separadamente, para esse trabalho não serão inclusos no comparativo os itens 15 e 16 da planilha orçamentária pois a pesquisa abrange apenas os elementos estruturais pilares e vigas. Esses valores possibilitaram comparativo de orçamento com estrutura moldada *in loco*, através de preço por metro quadrado.

3.3.2 Elaboração de orçamento de estrutura moldada *in loco*

Posteriormente ao dimensionamento da estrutura, são gerados pelo software, um resumo de materiais onde estão presentes dados quantitativos de materiais que possibilitam a realização do orçamento. Na planilha orçamentária foram utilizados dados do SINAPI data base 08/2018 sem desoneração, onde foram utilizadas as composições analíticas com custos com mão de obra e materiais inseridos para itens em específico do orçamento, abrangendo os elementos estruturais pilares e vigas com acréscimo de BDI referencial de acordo com TCU (TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO) para construção de edifícios, no valor de 22,02%.

Para a elaboração da planilha sintética, utilizou-se o software Microsoft office Excel 2010, constando o preço unitário de cada item, assim como o valor global da estrutura. Nos elementos orçados, foram inclusas as fundações dos pilares, locação da obra, a montagem dos que está inclusa no valor dos serviços.

3.3.3 Análise das propostas e interpretação de resultados

Com a finalidade de comparar as planilhas obtidas dos dois métodos construtivos, fez – se a análise da obra mais viável economicamente, comparando quantidade de aço em quilogramas, assim como a quantidade de concreto em metros cúbicos, as informações foram apresentadas em planilha. Os valores encontrados através de orçamento dos elementos propostos, foram trabalhados em gráfico fazendo relação do valor obtido pelo orçamento. Para melhor visualização de itens, os elementos pilares vigas foram comparados relacionando o custo dos dois sistemas construtivos.

Para efeitos de cálculo, considerou-se uma carga de 10 KN/m² uniformemente distribuída, e a estrutura calculada com dois pavimentos, onde através da equação 1, obteve-se a tabela de pré-dimensionamento de pilares, adotando-se uma base de 20 cm, conforme tabela 3:

Tabela 1 – Tabela de pré-dimensionamento de pilares.

Pilar	Tipo	Área de influência (m ²)	Nd (KN)	Ac (cm ²)	a (cm)	b (cm)
1	Canto	7,92	158,4	96	20	5
2	Extremidade	19,22	384,4	349,45	20	17
3	Extremidade	11,04	220,8	200,73	20	10
4	Canto	2,73	54,6	49,64	20	2
5	Extremidade	15,88	317,6	288,73	20	14
6	Intermediário	38,59	771,8	467,76	20	23
7	Extremidade	22,29	445,8	405,27	20	20
8	Extremidade	5,72	114,4	104,00	20	5
9	Extremidade	15,88	317,6	288,73	20	14
10	Intermediário	38,56	771,2	467,39	20	23
11	Intermediário	22,29	445,8	270,18	20	14
12	Extremidade	5,47	109,4	99,45	20	5
13	Extremidade	11,6	232	210,91	20	11
14	Intermediário	28,15	563	511,82	20	26
15	Intermediário	22,29	445,8	405,27	20	20
16	Extremidade	4	80	72,73	20	4
17	Canto	8,3	166	150,91	20	8
18	Extremidade	19,72	394,4	358,55	20	18
19	Extremidade	11,28	225,6	205,09	20	10
20	Canto	2,63	52,6	47,82	20	2

Fonte: AUTOR (2018).

4.1.1.2 Vigas

Para os elementos vigas, as do pavimento térreo tiveram uma seção de base de 20 cm, e altura de 30 cm, sendo compatível com as medidas de parede e viável para as cargas inicialmente consideradas, que seriam cargas de parede com 1300 kgf/m^3 , e um pé direito de 5,80m.

Para as vigas de piso do pavimento Superior, foram adotadas medidas de base de 20 cm, com altura determinada de acordo com os vãos, onde as vigas apoiadas sobre os pilares de centro cm tiveram altura de 85 cm devido ao vão de 7,77 m. As vigas de contraentamento inicialmente tiveram alturas de 40 cm. E vigas em balanço com altura de 60 cm, tendo em vista que recebem cargas pontuais, havendo a necessidade de elementos mais robustos.

4.1.1.3 Lajes

Para as lajes maciças de piso inicialmente em foram definidos planos de no máximo 4,5 m para vão menor, mantendo um padrão com altura de 16 cm. Sobrecarga acidental referente a escritórios, lavanderias e áreas de serviço: 200 kgf/m^2 , revestimento de pisos: 150 kgf/m^2 houve o acréscimo de carga linear das paredes do pavimento superior considerando-se 1300 kgf/m^3 para alvenaria e uma altura de 3,30 m de pé direito. No pavimento cobertura, onde estão localizadas lajes de apoio de caixa d'água houve um acréscimo de 600 kgf/m^2 de carga extra distribuídos, onde o valor obtido se deu pelo cálculo de peso específico da água pela área das três caixas d'água presentes no projeto para cada caixa d'água considerou-se o valor de 1,50m de diâmetro no fundo da caixa.

Para fins de comparativo foram lançadas as cargas de cobertura metálica de forma linear nas vigas. Nas coberturas comuns, de acordo com a NBR 8860/2008, não sujeitas a acúmulos de quaisquer matérias, e na ausência de especificação em contrário, deve ser prevista uma sobrecarga nominal mínima de 25 kgf/m^2 neste projeto foi utilizada a sobrecarga recomendada por norma.

4.1.2 Lançamento da estrutura

Após a concepção estrutural e um pré-dimensionamento, os elementos foram lançados no software e posteriormente processados, onde verificou-se a necessidade aumento na secção de pilares, fazendo com que a concepção inicial fosse modificada.

Para a fundação, de acordo com a NBR 6122 (2010, p.22), a base da fundação deve ser assentada a uma profundidade tal que garanta que o solo de apoio não seja influenciado pelos agentes atmosféricos e fluxos d'água. Nas divisas com terrenos vizinhos, excluindo quando a fundação for assentada sobre rocha, tal profundidade não deve ser inferior a 1,5 m. Em casos de obras, cujas sapatas ou blocos estejam majoritariamente previstas, com dimensões a 1,0 m, essa profundidade pode ser reduzida, nesse projeto foram atendidos os critérios dispostos em norma

No pavimento Térreo as vigas se mantiveram com a mesma seção pensada na concepção estrutural, sendo alterados apenas as seções dos pilares, proporcionando seções de 25cmx40cm nos pilares de canto, 25cmx30cm e 30cmx40cm nas extremidades, 30cmx30cm no centro onde foram necessários ajustes que deixaram os pilares de divisa com dimensões de 25cmx50cm e 25cmx80cm, devido a excentricidade excessiva gerada pelas sapatas de divisa. Essas medidas foram adotadas buscando não interferir no projeto arquitetônico. Todas as paredes externas foram sustentadas por vigas baldrame, não considerando no dimensionamento as paredes internas da edificação para fins de comparativo.

No pavimento Superior as vigas em balanço e transversais mantiveram as seções inicialmente adotadas, já as vigas de contraventamento tiveram suas seções aumentadas, pois as dimensões de concepção não atenderam as condições de deslocamento previstas na estrutura, modificadas para 20cmx60cm, sendo todas consideradas engastadas. As lajes foram armadas as em duas direções e engastadas para garantir a unificação da estrutura, no total foram dimensionados 15 panos de laje com afastamento de até 4,31 m, resistindo vãos de 7,77 m na horizontal. No que se refere aos pilares para fins de comparativo com estrutura pré-moldada seis pilares subiram somente até esse pavimento não seguindo para o pavimento cobertura, devido ao projeto não ter laje de cobertura, segundo projeto apresentado o mesmo possui apenas forro.

No pavimento cobertura foram dimensionadas apenas as vigas externas laterais e vigas de apoio da laje da caixa d'água buscado manter o mesmo padrão de elementos dimensionados no projeto de estruturas pré-moldadas. Para fins de comparativo não foi feito um cintamento total do pavimento, o que ocasionou o não travamento dos pilares no pavimento. No projeto de

estrutura pré-moldada no pavimento cobertura os pilares foram travados mediante função do software utilizado pelo projetista e os demais itens acrescentados através de cálculo manual.

4.1.3 Comparativo de modulação estrutural

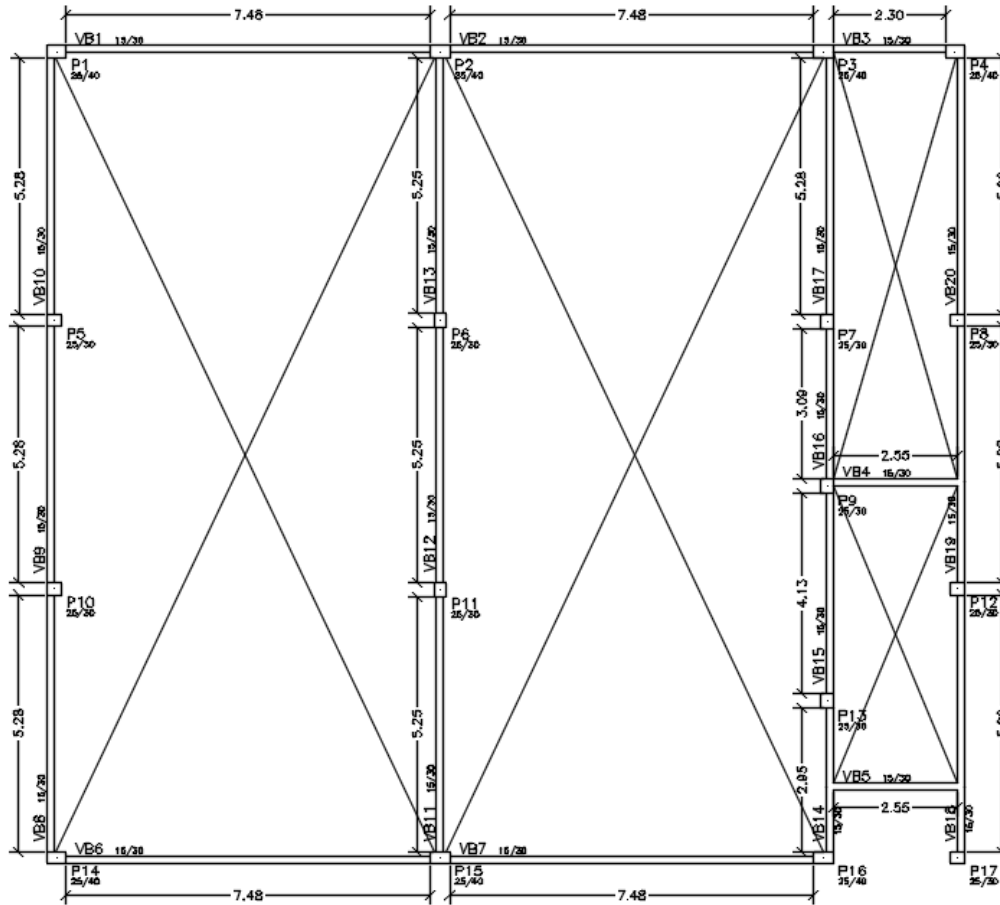
4.1.3.1 Pavimento Térreo

- a) Pilares: O elemento estrutural pré-moldado possui uma limitação no que diz respeito a seu posicionamento, tendo em vista que a direção apresentada no projeto não pode ser alterada devido a região localizada no topo ser o ponto de apoio de vigas inclinadas que sustentam a cobertura, isso pode provocar uma diminuição na rigidez da estrutura. Já no método moldado *in loco* os elementos foram direcionados para direção de maior dimensão no projeto, o que gera uma maior rigidez na estrutura, e tem menor interferência no projeto arquitetônico.

- b) Vigas: No pavimento térreo observou-se que as vigas baldrame foram definidas com medidas diferentes nos dois métodos construtivos, onde no método moldado *in loco* buscou-se manter as medidas da parede especificada em projeto. Já o método pré-moldado manteve a seção utilizada para esse tipo de viga, considerando-se que a produção é feita de forma industrial. Com a necessidade de atender os requisitos de rigidez da estrutura, no dimensionamento das estruturas moldadas *in loco*, obteve – se duas vigas com 25cm de base.

- c) Fundações: Nos dois sistemas construtivos, o local de elementos mais robustos de fundação foi na região onde se localizam os balanços frontal e fundo. Com ambos os métodos as fundações tiveram grandes dimensões isso se deu pela particularidade do projeto que exige de forma considerável da estrutura. No projeto de estrutura moldada *in loco* foram dimensionadas sapatas de divisa, onde a excentricidade dos pilares apresentou aumento considerável, gerando a necessidade de aumento na seção dos pilares.

Figura 21 – Pavimento Térreo, estrutura pré-moldada.



Planta de Formas - Térreo

Fonte: Empresa de elementos pré-moldados (2018).

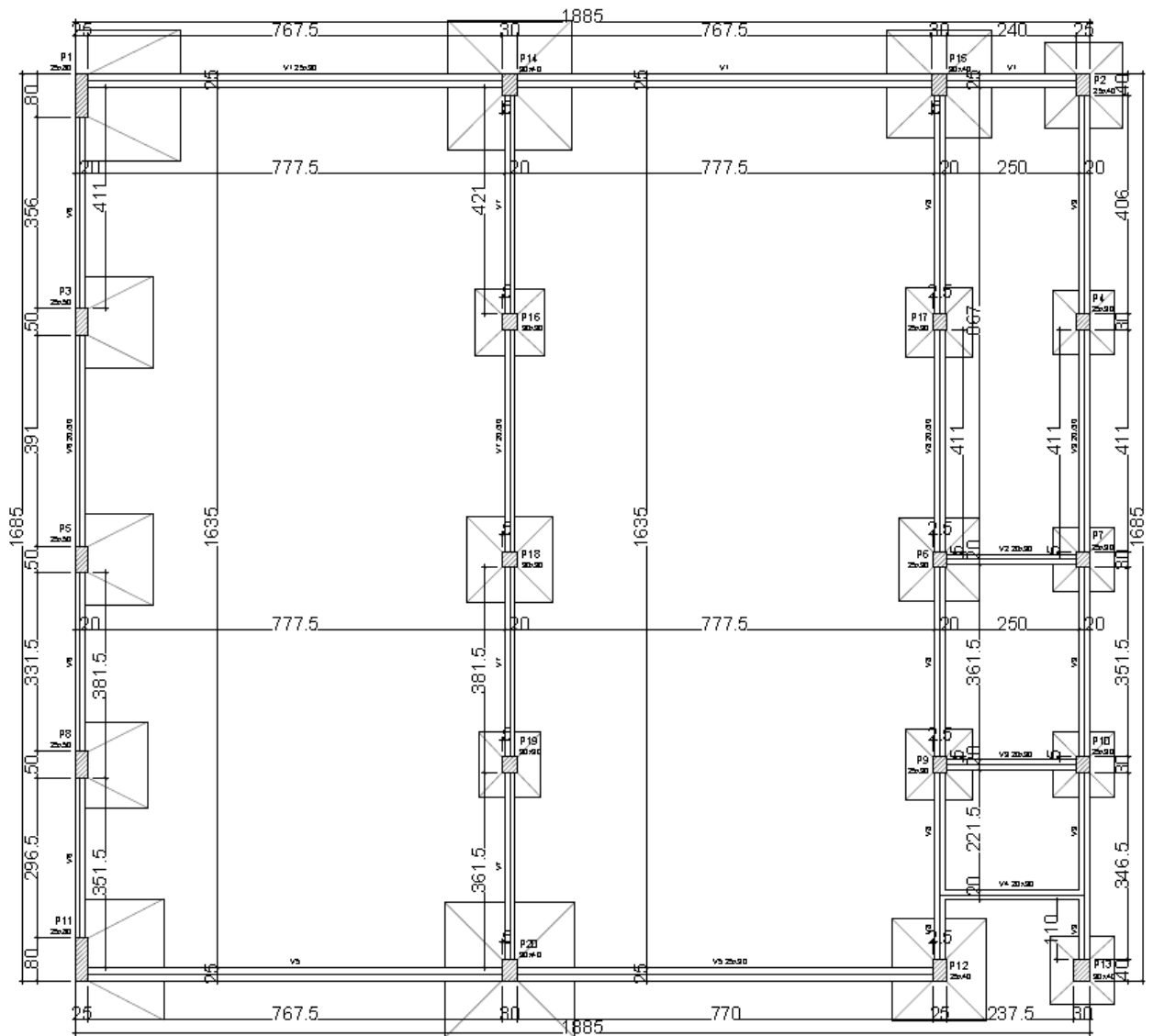
A tabela 4 apresenta a quantidade de elementos presentes no projeto de estrutura pré-moldada, assim como suas dimensões para fins de comparativo.

Tabela 2 – Elementos pavimento térreo, estrutura pré-moldada.

RESUMO ESTRUTURAL PRÉ-MOLDADO PAVIMENTO TÉRREO		
Infraestrutura		
Fundação	Dimensões bloco (cm)	Quantidade
Estaca (Ø30)	60x60	9
	60X150	6
	150X40	2
Superestrutura		
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	10
	25x40	7
Vigas		Dimensões (cm)
	VB1	15x30x748
	VB2	15x30x748
	VB3	15x30x230
	VB4	15x30x255
	VB5	15x30x255
	VB6	15x30x748
	VB7	15x30x748
	VB8	15x30x528
	VB9	15x30x528
	VB10	15x30x528
	VB11	15x30x525
	VB12	15x30x525
	VB13	15x30x525
	VB14	15x30x295
	VB15	15x30x413
	VB16	15x30x309
	VB17	15x30x528
	VB18	15x30x528
	VB19	15x30x528
VB20	15x30x528	

Fonte: AUTOR (2018).

Figura 26 – Pavimento térreo, estrutura moldada *in loco*.



Forma do pavimento Térreo (Nível 0)

Fonte: AUTOR (2018).

Os elementos contidos nesse pavimento estão inseridos na tabela 5 onde são apresentadas as dimensões das sapatas, seção de pilares, incluído a quantidade de todos os elementos do pavimento.

Tabela 3 - Elementos pavimento térreo, estrutura moldada *in loco*.

RESUMO ESTRUTURAL MOLDADO <i>IN LOCO</i>		
PAVIMENTO TÉRREO		
Infraestrutura		
Fundação Sapata	Dimensões (cm)	Quantidade
	115x120	3
	120x115	1
	120x125	1
	125x130	3
	135x160	1
	145x160	1
	145x170	2
	150x155	1
	160x160	1
	165x225	1
	175x190	1
	195x200	1
	195x245	1
230x240	1	
240x250	1	
Superestrutura		
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	6
	25x40	2
	25x50	3
	25x80	2
	30x30	3
	30x40	4
Vigas		Dimensões (cm)
	V1	25X30X1835
	V2	20x30X242,5
	V3	20x30X242,5
	V4	20X30X290
	V5	25X30X1567,5
	V6	20X30X1605
	V7	20X30X1605
	V8	20X30X1605
	V9	20X30X1605

Fonte: AUTOR (2018).

4.1.3.2 Pavimento superior

a) Pilares: De acordo com consulta ao projetista, os pilares do pavimento superior da estrutura pré-moldada possuem um recorte onde passam as vigas em balanço, sendo possível observar através da viga presente no projeto representada de forma contínua, não sendo possível nesse método construtivo. Com isso foi adicionado o recorte com a medida de altura da viga, fazendo com que a concretagem do pilar se torne mais complexa podendo haver a necessidade de reparos. Os pilares moldados *in loco* tiveram maiores dimensões em relação ao sistema pré-moldado, isso se deu pela resistência do concreto ser inferior, e o tipo de ligação utilizado com elementos engastados ao contrário da ligação rotulada que é utilizada em elementos pré-moldados e ainda observou-se que os pilares não travados por vigas tiveram suas seções aumentadas para que não atingissem o limite esbeltez.

b) Vigas: No pavimento superior dos elementos moldados *in loco*, as vigas tiveram uma base fixa de 20 cm diferente dos elementos pré-moldados que apresentaram vigas com base de 25 cm devido a laje alveolar que precisam de apoio de no mínimo 10 cm. O projeto com vigas pré-moldadas apresentou diferentes alturas, sendo possível nesse sistema construtivo, onde há trechos com vigas de 35 cm de acordo com a necessidade de carga de cada vão, assim como as vigas que não recebem apoio da laje, nos elementos moldados *in loco* as vigas tiveram alturas iguais ao longo de todo o trecho, obteve-se alturas de 80 cm para vão maiores de 7 m e 60 cm para os demais, alturas menores provocariam flechas excessivas.

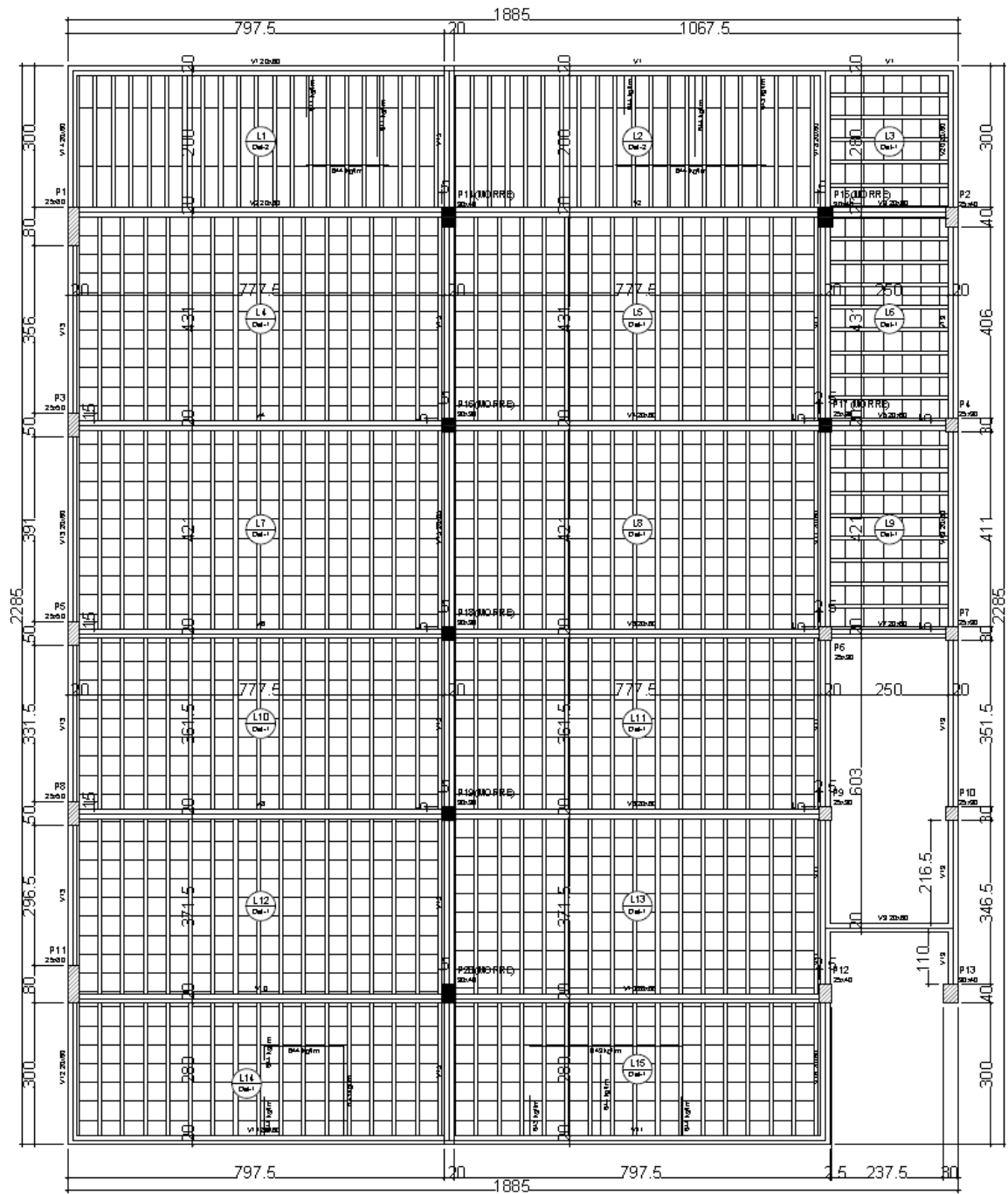
c) Laje: As vantagens da laje treliça está na capacidade de vencer maiores vãos com maior capacidade de carga, tendo em vista que as treliças poderão ter suas alturas aumentadas em função dessas imposições. Além disso, as treliças colaboram eficazmente na união entre a vigota e o concreto adicionado em obra, proporcionando uma maior unificação da laje aumentando sua capacidade de resistência ao cisalhamento. Já as lajes alveolares se adequaram perfeitamente nesse projeto não havendo necessidade de viga transversais e com vantagem de vencer grandes vãos.

Tabela 4 - Elementos pavimento superior, estrutura pré-moldada.

RESUMO ESTRUTURAL PRÉ-MOLDADO PAVIMENTO SUPERIOR		
SUPERESTRUTURA		
LAJES	Painéis alveolares (cm)	Quantidade
	PA1 (795X125)	17
	PA2 (790X125)	17
	PA3(270X125)	10
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	10
	25x40	7
Vigas		Dimensões (cm)
	VP1	15x60x819
	VP2	15x60x819
	VP3	15X60X294
	VP4	15X60X747
	VP5	15X60X747
	VP6	15X35X229
	VP7	15X35X289
	VP8	15X60X747
	VP9	15X60X747
	VP10	15x60x819
	VP11	15x60x819
	VP12	20X60X853
	VP13	20X60X527
	VP14	20X60X853
	VP15	25X60X850
	VP16	25X60X524
	VP17	25X60X850
	VP18	20X60X620
	VP19	25X60X412
	VP20	25X60X308
	VP21	25X60X853
	VP22	20X35X527
	VP23	20X60X527
	VP24	20X60X853
VP25	15X35X289	

Fonte: AUTOR (2018).

Figura 23 - Pavimento superior, estrutura moldada in loco.



Forma do pavimento Superior (Nível 580)

Fonte: AUTOR (2018).

Na tabela foram inseridos os dados referentes aos tamanhos de cada laje, vigas e pilares existentes no pavimento.

Tabela 5 - Elementos pavimento superior, estrutura moldada *in loco*

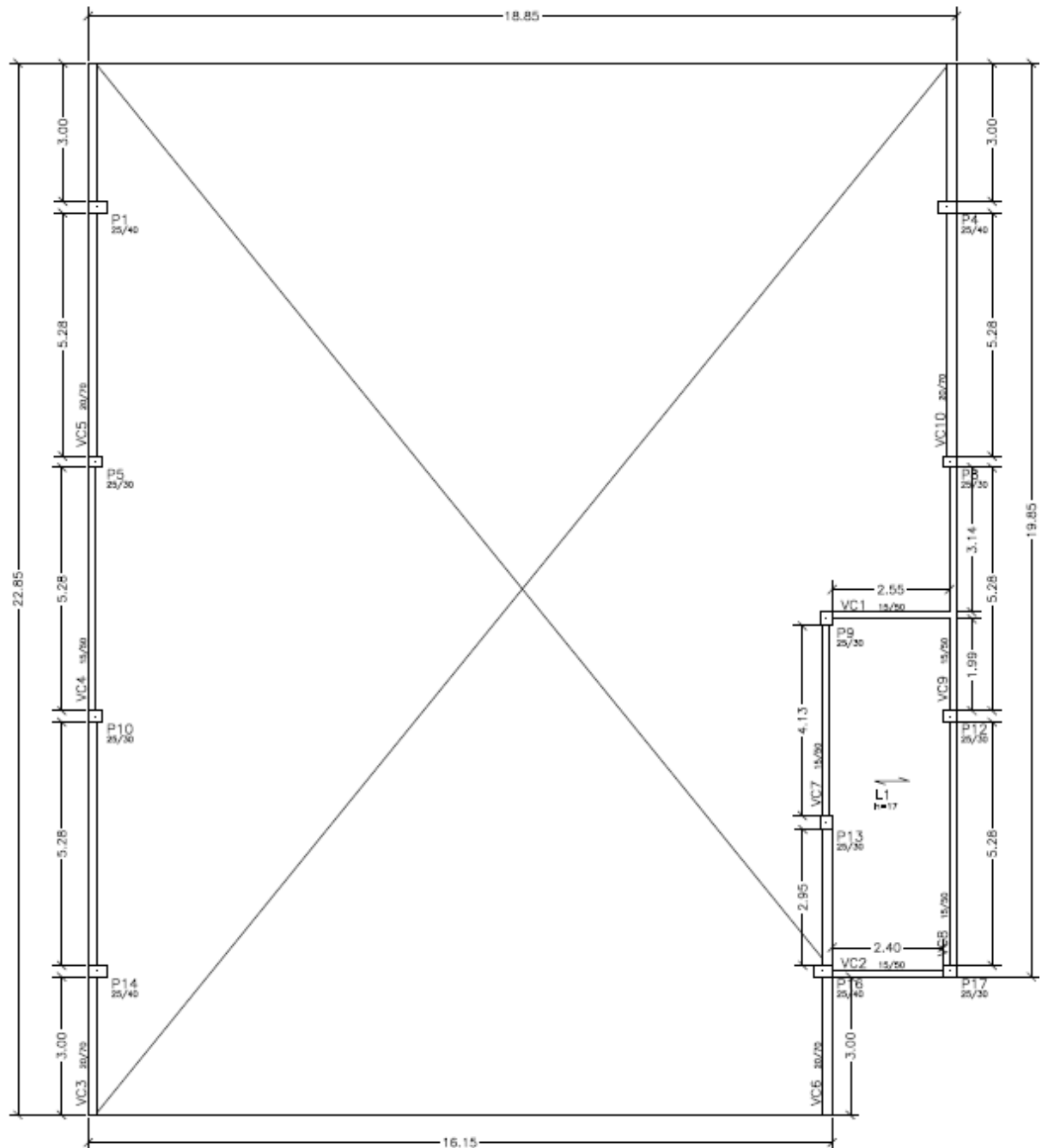
RESUMO ESTRUTURAL MOLDADO IN LOCO PAVIMENTO SUPERIOR		
SUPERESTRUTURA		
LAJE TRELIÇADA (h=16 cm)		Dimensões (cm)
	L1	777,5X280
	L2	777,5X280
	L3	250x280
	L4	777,5X431
	L5	777,5X431
	L6	250X431
	L7	777,5x421
	L8	777,5x421
	L9	250x421
	L10	777,5x361,5
	L11	777,5x361,5
	L12	777,5x371,5
	L13	777,5x371,5
	L14	777,5X280
L15	777,5X280	
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	6
	25x40	2
	25x50	3
	25x80	2
	30x30	3
Vigas		Dimensões (cm)
	V1	20X60X1885
	V2	20x60X1565
	V3	20x60X240
	V4	20X80X1567,5
	V5	20X60X242,5
	V6	20X60X1567,5
	V7	20X60X242,5
	V8	20X80X1567,5
	V9	20X60X242,5
	V10	20X60X1567,5
	V11	20X60X1885
	V12	20X60X300
	V13	20X60X1605
	V14	20X60X300
V15	20X85X2285	
V16	20X60X300	
V17	20X60X1605	
V18	20X60X300	
V19	20X60X1605	
V20	20X60X300	

Fonte: AUTOR (2018).

4.1.3.3 Pavimento cobertura

- a) Pilares: Alguns pilares foram até o pavimento cobertura e essa característica foi mantida nos dois projetos. Os pilares do pavimento superior não ficaram travados no pavimento devido à falta de cinta de amarração, para meios de comparativo, com isso foram acrescentadas barras rígidas que auxiliam no travamento da estrutura. No projeto pré-moldado os pilares possuem elemento de suporte de vigas inclinadas.
- b) Vigas: No que diz respeito as vigas, em ambos os projetos portaram de uma altura de 70 cm, devido ao apoio das vigas inclinadas na estrutura pré-moldada, mas com a mesma modulação do projeto de elementos moldados *in loco*, onde foi acrescentada uma carga permanente de 25kgf/m² da cobertura metálica. Novamente foram utilizadas vigas com bases diferentes no projeto pré-moldado levando em consideração que a laje treliçada não necessita de um tamanho de apoio maior.
- c) Lajes: No pavimento cobertura do projeto moldado *in loco* as houveram dois panos de laje, devido à instabilidade do pilar de extremidade próximo a laje, onde houve a necessidade de introduzir uma viga para que o pilar se tornasse estável, no pavimento pré-moldado obtiveram-se apenas um pano de laje treliçada , com altura de 17 cm, os pilares foram travados nesse pavimento usando recurso do software TQS com isso não houve necessidade de passar as vigas de cintamento no contorno do pavimento, para gerar estabilidade, esse fato se deve a escolha do cliente de não optar por laje de cobertura apenas cobertura metálica.

Figura 24 - Pavimento cobertura, estrutura pré-moldada.



Planta de Formas - Cobertura -
Jackson Freire - Rev.00

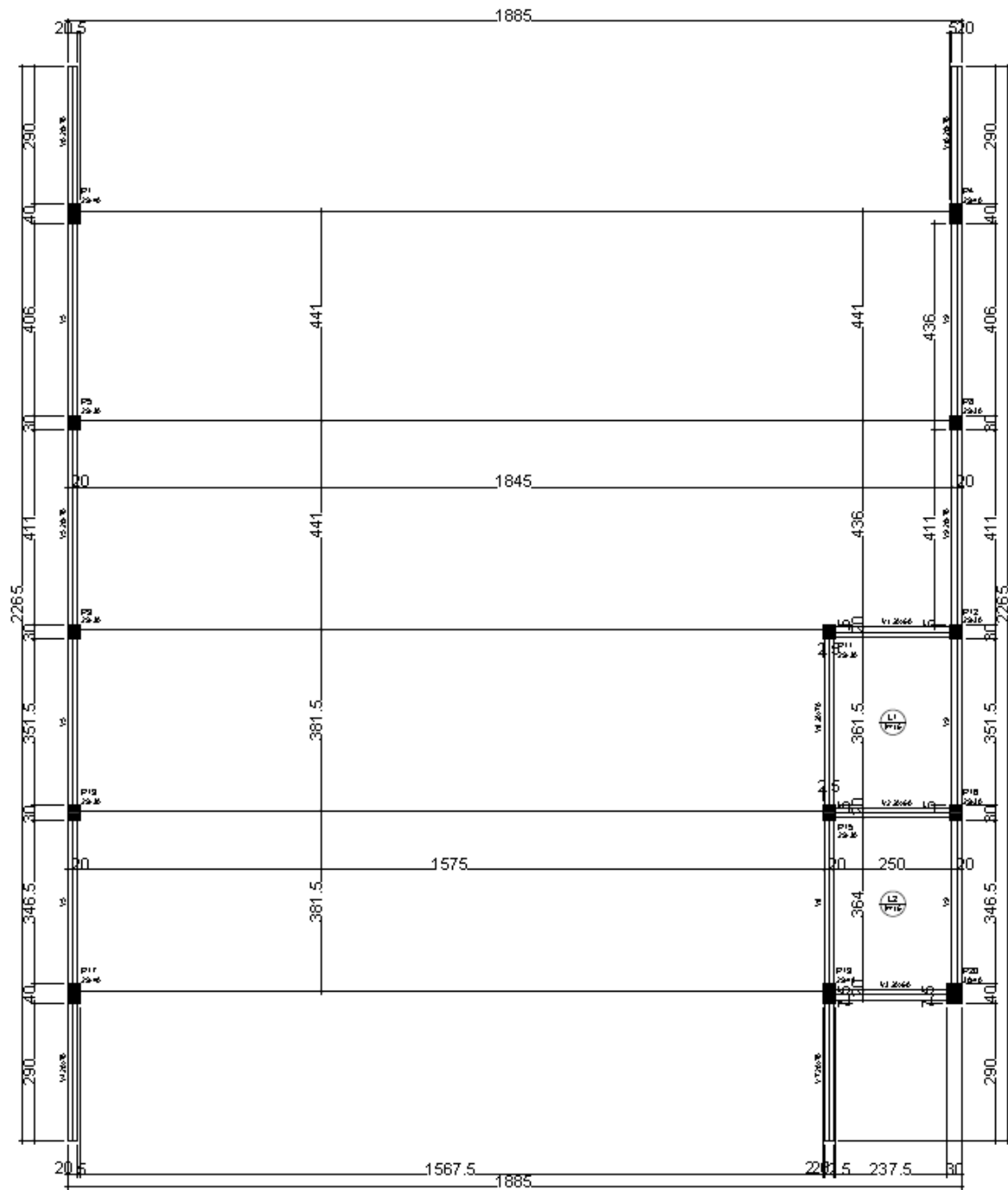
Fonte: Empresa de elementos pré-moldados (2018).

Tabela 6 - Elementos pavimento cobertura, estrutura pré-moldada.

RESUMO ESTRUTURAL PRÉ-MOLDADO PAVIMENTO COBERTURA		
SUPERESTRUTURA		
LAJE TRELIÇADA (h=17cm)		Dimensões (cm)
	L1	763X255
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	7
	25x40	4
Vigas		Dimensões (cm)
	VC1	15X35X269
	VC2	15X35X239
	VC3	20X70X853
	VC4	15X50X527
	VC5	20X70X853
	VC6	20X70X620
	VC7	15X35X412
	VC8	15X35X527
	VC9	15X35X527
	VC10	20X70X853

Fonte: AUTOR (2018).

Figura 25 - Pavimento cobertura, estrutura moldada *in loco*.



Forma do pavimento Cobertura (Nível 910)

MAC 11/156

Fonte: AUTOR (2018).

Tabela 7 - Elementos pavimento cobertura, estrutura moldada *in loco*.

RESUMO ESTRUTURAL MOLDADO IN LOCO PAVIMENTO COBERTURA		
SUPERESTRUTURA		
LAJE MACIÇA (h=16cm)		Dimensões (cm)
	L1	250x361,5
	L2	250x364
Pilares	Seção (cm)	Quantidade
	25x30	8
	25x40	4
	30x40	1
Vigas		Dimensões (cm)
	V1	20x70x242,5
	V2	20x70x242,5
	V3	20x70x237,5
	V4	20x70x290
	V5	20x70x1605
	V6	20x70x290
	V7	20x70x290
	V8	20x70x728
	V9	20x70x1605
	V10	20x70x290

Fonte:AUTOR (2018).

4.2 ORÇAMENTO

A planilha de elementos pré-moldados possui serviços quantificados através de metodologia interna da empresa, visto que as bases de dados usuais, não possuem parâmetros e composições prontas para seus produtos. Os parâmetros são encontrados através de cálculos de metro cúbico de concreto e peso do aço, assim como a montagem dos elementos que é feita de forma unificada abrangendo todos os elementos.

Para os elementos moldados *in loco* a planilha orçamentária no formato sintética realizada, apresenta os itens que englobam a produção e montagem dos elementos pilares e vigas onde constam: serviços preliminares alcançando um valor de R\$ 3.615,60 (Três mil, seiscentos e quinze reais e sessenta centavos); a movimentação de terra, com um custo de R\$ 5.649,87 (Cinco mil, seiscentos e quarenta e nove reais e oitenta e sete centavos); a Infraestrutura da obra teve um valor global de R\$ 35.283,95 (Trinta e cinco mil, duzentos e oitenta e três reais e noventa e cinco centavos); obtendo uma Superestrutura, com o valor de R\$ 161.685,16 (Cento e sessenta e um mil, setecentos e dezesseis reais e oito centavos).

A planilha orçamentaria foi desenvolvida no Excel/2010, obtendo um valor total da estrutura construção convencional de R\$ 251.685,16 (Duzentos e cinquenta e um mil, seiscentos e oitenta e cinco reais e dezesseis centavos) com o acréscimo do BDI, de acordo com a tabela 10.

Tabela 8 – Planilha orçamentária- Estrutura moldada *in loco*

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA						
ITENS	Código SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	PREÇO UNIT.	PREÇO TOTAL
01.00.000		SERVIÇOS PRELIMINARES				3.615,60
01.00.001	74209/1	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO	m²	1,00	382,23	382,23
01.00.002	73992/1	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TABUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 1,50M, SEM REAPROVEITAMENTO	m²	317,62	10,18	3.233,37
02.00.000		MOVIMENTO DE TERRA				5.649,87
02.00.001	96523	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA, COM PREVISÃO DE FÔRMA. AF_06/2017	m³	75,24	61,90	4.657,36
02.00.002	96995	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE. AF_10/2017	m³	31,74	31,27	992,51
03.00.000		INFRAESTRUTURA				35.283,95
03.01.000		FUNDAÇÃO				
03.01.001	96616	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS.	m³	2,17	439,60	953,93
03.01.002	74157	LANCAMENTO/APLICACAO MANUAL DE CONCRETO EM FUNDACOES	m³	26,79	89,66	2.401,99
03.01.003	96532	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017	m²	82,46	123,08	10.149,18
03.01.004	96544	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	98,57	9,81	966,97
03.01.005	96546	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	235,10	7,67	1.803,22
03.01.006	96547	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	508,10	6,79	3.450,00
03.01.007	96548	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	592,00	6,29	3.723,68
03.01.007	96549	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20 MM - MONTAGEM. AF_06/2017	KG	399,70	5,75	2.298,28
03.01.008	94966	CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	m³	26,79	355,98	9.536,70
04.00.000		SUPERESTRUTURA				161.716,08
04.01.000		PILARES				
04.01.001	92775	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	148,60	11,42	1.697,01
04.01.002	92776	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	388,40	9,87	3.833,51
04.01.003	92779	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	674,80	6,68	4.507,66
04.01.004	92780	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	849,70	6,13	5.208,66
04.01.005	92781	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	786,10	5,56	4.370,72
04.01.006	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	20,73	22,98	476,38
04.01.007	34494	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	20,73	289,11	5.993,25
04.01.008	92417	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M², PÉ-DIREITO DUPLO, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES.	m²	257,89	99,36	25.623,95
04.02.000		VIGAS				
04.02.001	92775	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	482,20	11,42	5.506,72
04.02.002	92776	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	820,60	9,87	8.099,32
04.02.003	92777	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	32,00	9,39	300,48
04.02.004	92778	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	62,30	7,60	473,48
04.02.005	92779	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	729,30	6,68	4.871,72
04.02.006	92780	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	926,10	6,13	5.676,99
04.02.007	92781	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_12/2015	KG	1.960,20	5,56	10.898,71
04.02.008	92874	LANÇAMENTO COM USO DE BOMBA, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	m³	43,44	22,98	998,25
04.02.009	34494	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C30, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	m³	43,44	289,11	12.558,94
04.02.010	92451	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	m²	509,80	118,91	60.620,32
					TOTAL:	206.265,49
					BDI (22,02%):	45.419,66
					TOTAL + BDI:	251.685,16

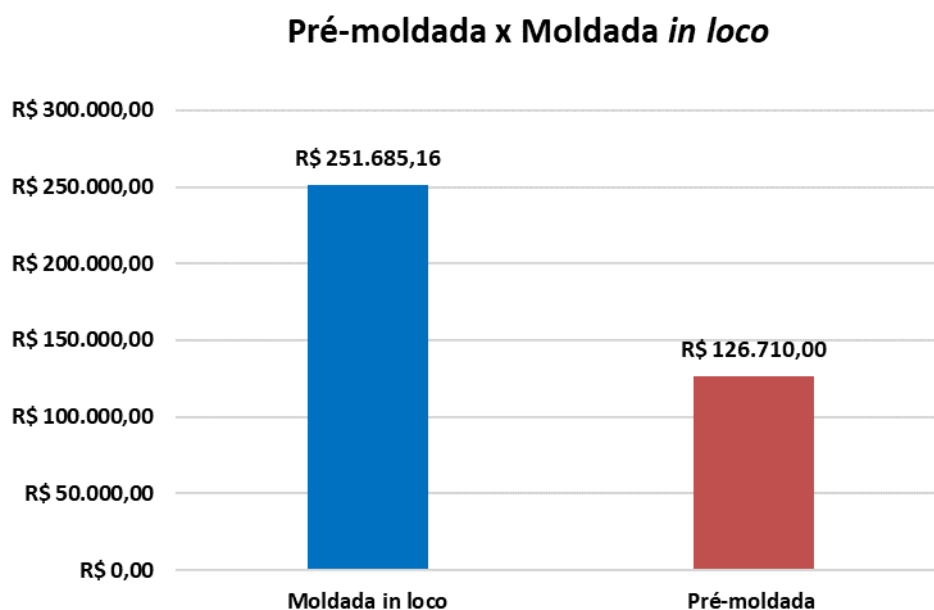
Fonte:AUTOR (2018).

4.2.1 Análise de propostas e interpretação dos resultados

Como o objetivo de analisar a viabilidade econômica, faz-se necessário comparar as propostas orçamentárias entre uma estrutura pré-moldada e uma estrutura moldada *in loco* da edificação comercial, tendo uma área total de 738,32 m².

A partir dos orçamentos realizados dos dois sistemas construtivos, afirma-se que a obra com estrutura pré-moldada de concreto armado, tem um valor de R\$ 126.710,00 (Cento e vinte e seis mil e setecentos e dez reais), na qual a planilha está inserida no anexo C deste trabalho e a estrutura de concreto armado tem um custo de R\$ 251.685,16 (Cento e noventa e um mil, cento e setenta e nove reais e vinte e quatro centavos), conforme o gráfico 1.

Gráfico 1 - Comparativo entre estrutura pré-moldada x moldada in loco.



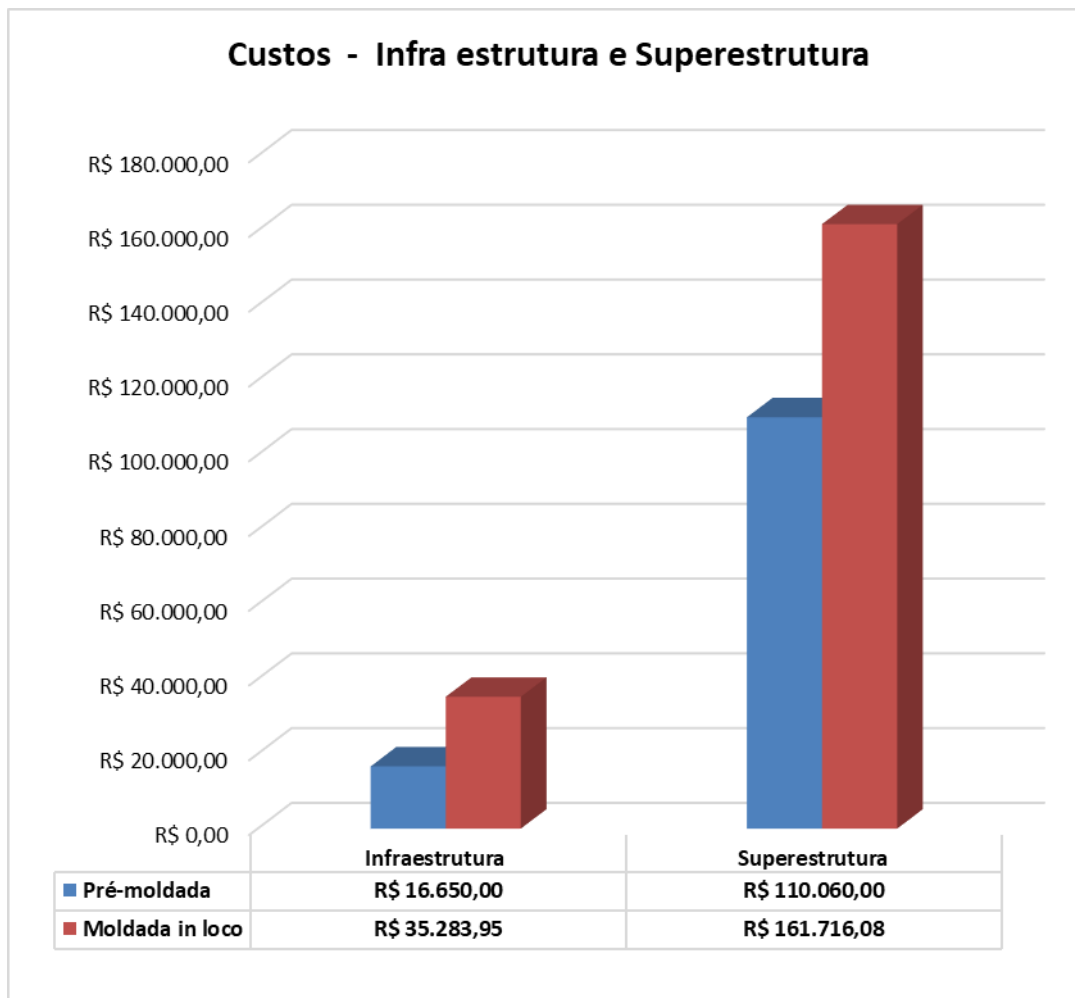
Fonte: AUTOR (2018)

Há uma diferença observada entre os dois métodos construtivos, no valor de R\$ 124.975,16 (Cento e vinte e quatro mil, novecentos e setenta e cinco reais e dezesseis centavos) constatando -se que a estrutura mais econômica para esse tipo de edificação é a estrutura pré-moldada. Com base nos valores obtidos considera-se que a parte mais onerosa que diferenciou os dois métodos foram as fôrmas que geraram um custo de R\$ 86.244,27 (Oitenta e seis mil, duzentos e quarenta e quatro reais e vinte e sete centavos) onde esse valor compreende mais de 50% do valor do item superestrutura. As estruturas pré-moldadas são moldadas em fábrica, portanto as fôrmas geram apenas depreciação.

O valor do metro quadrado da estrutura obteve-se através de divisão do valor encontrado dividido pela quantidade de metros quadrados da edificação onde obteve-se R\$ 340,90/m² (Duzentos e cinquenta e oito reais e noventa e quatro centavos) para estrutura moldada *in loco* R\$ 171,62/m² (Cento e setenta e um reais e sessenta e dois centavos) para estrutura pré-moldada.

Após essa constatação, são apresentados os valores dos itens separadamente, de forma que se tenha uma visão detalhada dos custos relacionados a cada método construtivo, buscado a análise de fatores que influenciam nos resultados obtidos. O gráfico, mostra o valor dos itens de superestrutura e infraestrutura.

Gráfico 2 - Representação de custos obtidos

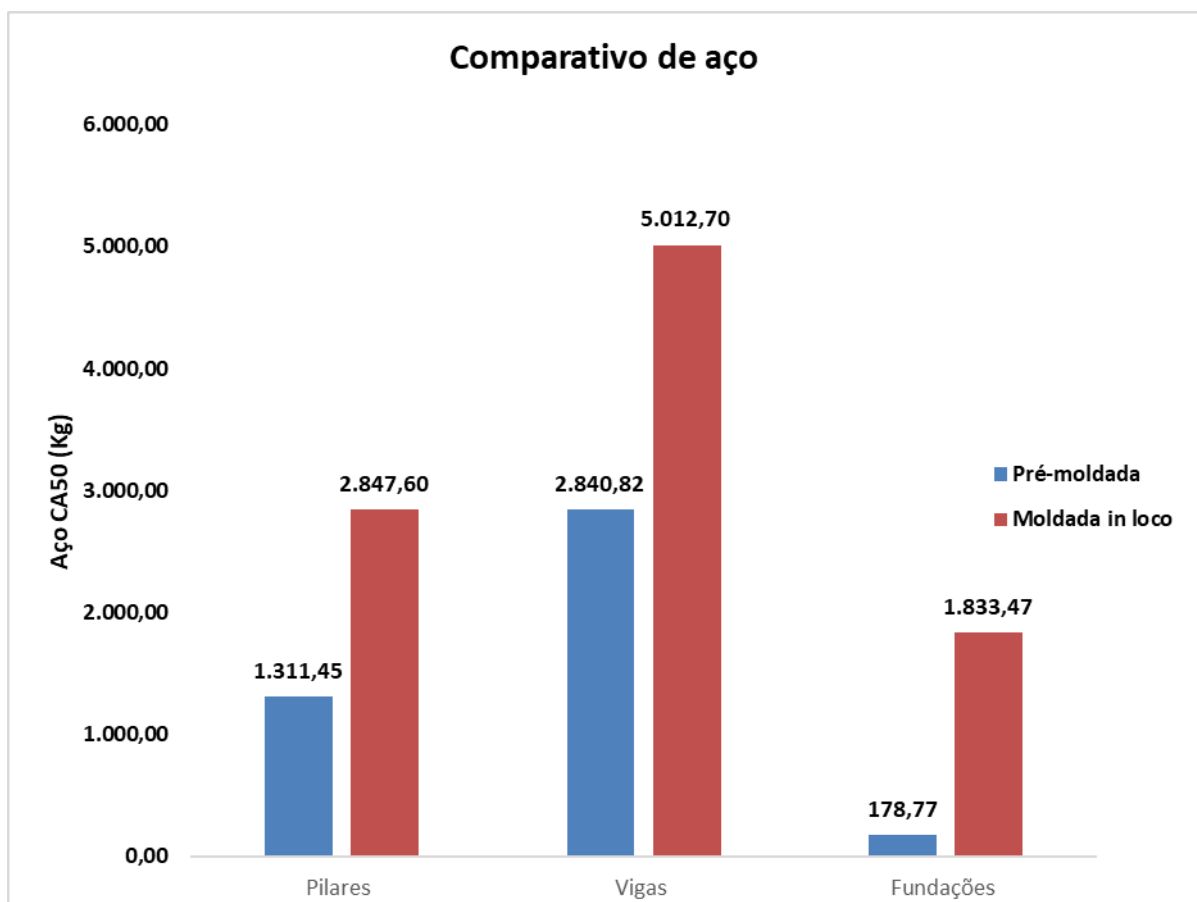


Fonte: AUTOR (2018).

Diante dos valores apresentados, os custos de infraestrutura, mais especificamente as fundações, tiveram uma diferença de valores considerável, resultando no valor de R\$ 18.633,95 (Dezoito mil, seiscentos e trinta e três reais e noventa e cinco centavos) o custo da fundação pré-moldada chega a ser 42% mais barata que a moldada in loco. Com relação ao item superestrutura obteve-se valores discrepantes onde a diferença entre a estrutura moldada in loco e pré-moldada é no valor de R\$ 51.656,08 (Cinquenta e um mil, seiscentos e cinquenta e seis reais e oito centavos).

Com o objetivo de identificar características que diferenciam economicamente os métodos construtivos, os quantitativos gerados pelo software Eberick V10 e os dados fornecidos pela empresa de elementos pré-moldados, possibilitou a análise de composição de dos elementos estruturais isolados dados pelo aço e concreto.

Gráfico 3 - Comparativo de quantidade de aço.

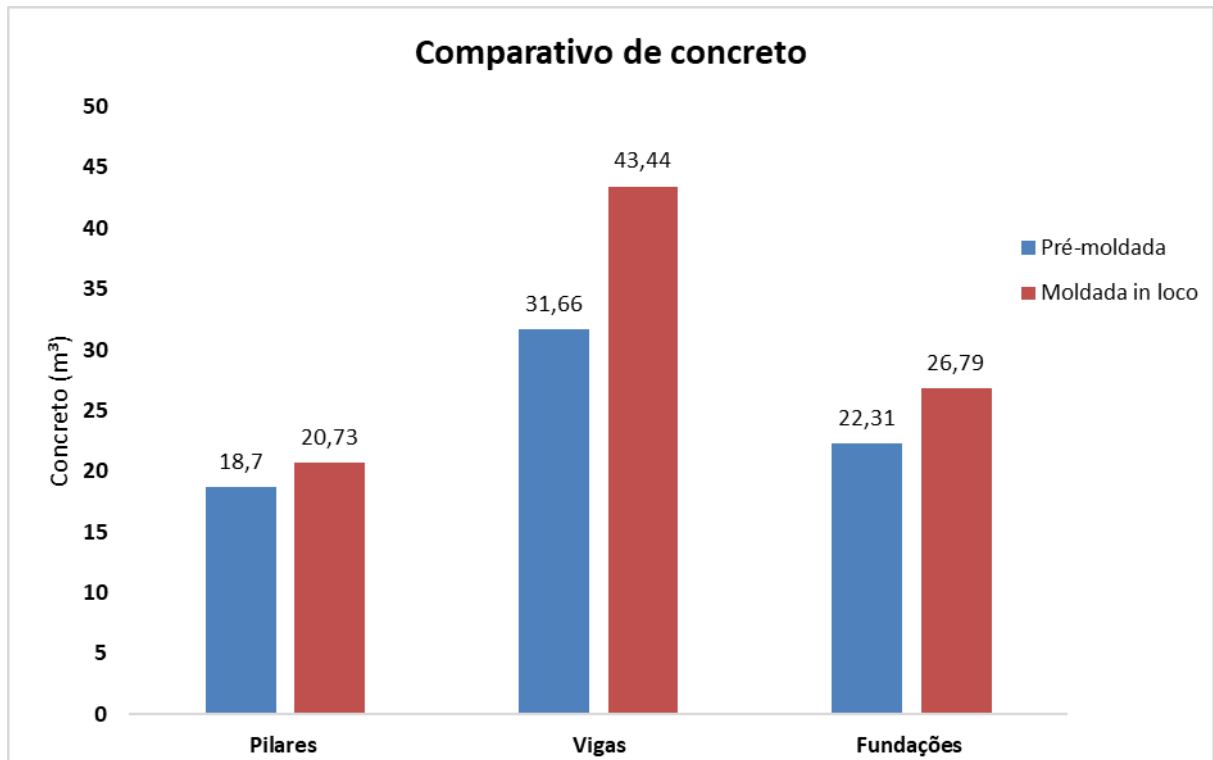


Fonte: AUTOR (2018).

No gráfico 3, o item que apresentou maior discrepância na quantidade de aço foram as fundações, os pilares tiveram uma diferença menor entre os elementos abordados, o método

que obteve uma menor quantidade de aço foi o sistema pré-moldado. A quantidade de aço excessiva se deu pela necessidade de maior rigidez devido aos apoios engastados e resistência a tensões de valores muito altos.

Gráfico 4 - Comparativo de quantidade de concreto.



Fonte: AUTOR (2018).

No gráfico 4 para comparativo de volume de concreto os valores se mantiveram parecidos onde os elementos moldados *in loco* obtiveram maior valor nos pilares, isso se deve ao aumento da seção dos pilares devido a excentricidade causada pela sapata de divisa, nas fundações e vigas o sistema pré-moldado obteve menor valor.

5 CONCLUSÃO

O estudo comparativo permite que tenhamos informações que favorecem e desfavorecem cada método, com esse trabalho foram indicadas as particularidades que envolvem os sistemas construtivos de estruturas pré-moldadas e moldadas *in loco*, onde ressaltou-se a agilidade em se construir com elementos produzidos em indústria com alto grau de qualidade e resistência elevada de concreto, assim como verificou-se algumas limitações do método. No que diz respeito a parte estrutural, foi observado que o posicionamento dos elemento pilares não deixa escolha com relação a qual dimensão da peça pode ser utilizada (dependendo do projeto), porém com relação as lajes o sistema permite maiores vãos observado no dimensionamento pré-moldado, onde a estrutura presente nesse projeto obteve um dimensionamento enxuto, com seções menores, e menor quantidade de elementos, com menor quantidade de aço utilizada, assim como de concreto.

Para a estrutura dimensionada nesse trabalho pelo método moldado *in loco*, devido ao vão apresentado no projeto arquitetônico, os elementos obtiveram grandes dimensões, onde buscou-se obter segurança e rigidez da estrutura, sendo assim a laje maciça obteve uma altura de 16 cm, do mesmo modo que a altura das vigas que resultou em 80cm nos maiores vãos. Vale ressaltar que essas especificidades são consideradas para esse projeto, que tem características minuciosas que devem ser avaliadas, como o balanço frontal e de fundo que geram um momento negativo muito alto nas extremidades sobrecarregando não os os pilares e vigas como também as fundações que também tiveram suas dimensões consideráveis, considerando a quantidade de pavimentos e sua função.

Na fase de orçamentação os itens de superestrutura e infraestrutura da estrutura pré-moldada obtiveram menores preços, tendo em vista a não necessidade de fôrmas e escoras, conclui-se que o projeto em específico seria mais viável com o uso de elementos pré-moldados, embora a estrutura se mostre mais trabalhosa na fabricação levando em consideração que devem ser feitos recortes no pilar e a dificuldade na concretagem devido a essa particularidade, a mesma apresenta vantagens no ponto de vista econômico, onde o vão suportado pela laje alveolar gerou uma menor quantidade de pilares, vigas menos robustas mesmo que com dimensões diferentes em cada trecho.

Podendo concluir, que cada projeto em específico deve ser analisado criteriosamente se atentando a cada detalhe, visando atender aos critérios básicos, assim como respeitar as limitações de cada método construtivo, sendo evitados problemas que inviabilizam o projeto tecnicamente e economicamente.

6 REFERÊNCIAS

ACKER, Arnold Van. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. Trad. Marcelo de Araújo Ferreira, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto -Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12721**: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO – ABCIC (2013). **Curso Básico**: Pré-moldados de concreto. 2013. Disponível em: <http://www.abcic.org.br/pdfs_curso_basico/Construction-EXPO-07-06-13.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2018.

ASSUMPCÃO, José Francisco Pontes; LIMA JR., João da Rocha. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil**: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, p. 1-2, jan. 1996. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00173.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2018.

BACARJI, E. (1993). **Análise de estruturas de edifícios: projeto de pilares**. Dissertação de mestrado, EESC-USP, São Carlos.

BORTOLINI, Rafaela. **Modelo para planejamento e controle logístico de obras de sistemas pré-fabricados do tipo engineer-to-order com o uso de BIM 4D**. 2015. 29-35 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil., Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/127931>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

CARVALHO, Roberto Chust de; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2009. 579 p. v. 2.

DUARTE, Elieber Lucas; ELMIR, José C. Junior; PITOL, Aline Paula. **As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e seus processos de fabricação.** Revista CONSTRUINDO, Belo Horizonte, v. 8, p. 32-33, jan. 2017. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/5469/2734>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

EL DEBS, Mounir Kalil. **Concreto pré-moldados: fundamentos e aplicações.** 2. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=7Ls6DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=el+debs&ots=A73tLyDz0k&sig=hcjpujt7uOk7oT_8Xg_8955zGS8#v=onepage&q=el%20debs&f=false>. Acesso em: 14 mar. 2018.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira:** a estrutura de um setor de planejamento técnico. 3ª ed. São Paulo: Ed. Pini Ltda, 1997.

IGLESIA, Tiago Borges. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado.** 2006. 65 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2006.

LIMMER, Carl V. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

MACHADO DA CRUZ, Wesley. **Medição de produtividade na fabricação e montagem de estruturas pré-moldadas em concreto para apoio ao planejamento de curto prazo.** 2012. 5 p. Dissertação (Programa de pós-graduação em geotécnica, mecânica das estruturas e construção civil) - Universidade Federal de Goiás Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/7439>>. Acesso em: 13 maio 2018.

MAIA, Camila Silva; REIS, Isis de Almeida; LIMA, Maria Cristina Vidigal. **Produção em fábrica de concreto pré-moldado e a manufatura enxuta:** estudo de caso. 2. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/17940>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

MARQUES, Carlos Henrique Carlos Ribeiro. **Utilização do aço cortado e dobrado na construção civil.** 2013. 6-19 p. Artigo (Engenharia Civil)- Universidade Católica de Brasília, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/10869/4685/2/Carlos%20Henrique%20Castro%20Ribeiro%20Marques.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras. São Paulo: Ed. Pini, 2006.

MELHADO, S. B.; BARROS, M. M. S. B. **Recomendações para produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** São Paulo: Projeto. EPUSP/SENAI, 1998.

MELLO, Tassiano; PREVEDELLO, Vanessa Aline Zancan; MASUTTI, Gustavo Corbellini. **Estruturas pré-moldadas na construção civil:** vantagens e desvantagens de seu uso. 2015. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/mercosul/pagina/anais/2015/2%20%20RESUMOS/ESTRUTURAS%20PREMOLDADAS%20NA%20CONSTRUCAO%20CIVIL%20VANTAGENS%20E%20DESVANTAGENS%20DE%20SEU%20USO.PDF>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

OLIVEIRA, R.; VAZ, L. E.; VELASCO, M. S. L. **Determinação de Modelos de Bielias e Tirantes com Utilização de Técnicas de Otimização Topológica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 40., Rio de Janeiro, 1998. Anais.

PALIARI, José Carlos; SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Método simplificado para prognóstico do consumo unitário de materiais e da produtividade da mão-de-obra: sistemas prediais hidráulicos.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, p. 4-10, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01042008-184805/pt-br.php>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

PEDRIVA JÚNIOR, Paulo Fernando. **COMPARAÇÃO DOS CUSTOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO DE PAVILHÕES COM ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS E MOLDADAS IN LOCO.** 2009. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

PINHEIRO, L.M. (1985). **Noções sobre pré-dimensionamento de Estruturas de Edifícios** - EESC-USP - Curso de Especialização em Estruturas.

SERRA, S.M.B; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto.** Encontro Nacional de Pesquisa Projeto Produção em concreto pré-moldado - 2008. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pd_f/164.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2018.

SINAPI - MANUAL DE METODOLOGIAS E CONCEITOS. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/SINAPI_Manual_de_Metodologias_e_Conceitos_v004.pdf. Acesso em 15 de Abril de 2018.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como Aumentar a Eficiência da Mão-de-obra** Manual de gestão da produtividade na construção civil. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006. cap. 2, p. 21-25.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos.** São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (Brasília). **ORIENTAÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS DE OBRAS PÚBLICAS.** 2014. Disponível em: <https://www.cegef.ufg.br/up/124/o/SINAPI_Manual_de_Metodologias_e_Conceitos_v002.pdf>. Acesso em: 09 set. 2016.

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução.** São Paulo: Pini, 2006.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

ANEXOS

ANEXO A – Planta Baixa - Pavimento térreo; Pavimento superior.

ANEXO B – Fachada frontal; corte AA; corte BB; planta de locação e cobertura.

ANEXO C – Orçamento da empresa de elementos pré-moldados.

ANEXO D – Composições analíticas, catálogo do SINAPI

APÊNDICE

APÊNDICE A- Detalhamento das fundações, Detalhamento dos pilares (Térreo, Superior e Cobertura) Detalhamento das vigas – (Baldrames, pavimento superior, pavimento cobertura).

APÊNDICE B - Planilha orçamentária – Estrutura moldada *in loco*.

APÊNDICE C – Planta de locação – Estrutura moldada *in loco*.