

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

GUILHERME GUSTAVO DIAS

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E PRODUTIVIDADE ENTRE LAJES PRÉ-
FABRICADAS E LAJES MOLDADAS IN LOCO EM OBRAS RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES

Joinville

2021

GUILHERME GUSTAVO DIAS

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E PRODUTIVIDADE ENTRE LAJES PRÉ-
FABRICADAS E LAJES MOLDADAS IN LOCO EM OBRAS RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel no Curso de
Graduação em Engenharia Civil de
Infraestrutura do Centro Tecnológico de
Joinville da Universidade Federal de Santa
Catarina.

Orientador: Dr. Daniel Hastenpflug

Joinville

2021

GUILHERME GUSTAVO DIAS

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS E PRODUTIVIDADE ENTRE LAJES PRÉ-
FABRICADAS E LAJES MOLDADAS IN LOCO EM OBRAS RESIDENCIAIS
MULTIFAMILIARES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 23 de setembro de 2021.

Banca Examinadora:

Dr. Daniel Hastenpflug
Orientador/Presidente
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.(a) Valéria Bennack
Membra
Universidade Federal de Santa Catarina

Dr.(a) Yader Alfonso Guerrero Pérez
Membro
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

O alto índice de desperdício de materiais, baixa produtividade, péssima qualidade de vida nos canteiros de obra, além de produtos com desempenho insatisfatório são realidades do setor da construção civil nos dias atuais. A industrialização do ramo torna possível aprimorar o método construtivo. Uma das soluções a fim de se atingir é por meio do emprego de técnicas como as de estrutura de concreto pré-fabricado, devido a sua alta produtividade, controle de qualidade e maior monitoramento dos custos e da execução. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre a utilização de lajes pré-fabricadas, moldadas em indústrias, e lajes convencionais, executadas no canteiro de obra, comparando os seus custos e a produtividade. A análise foi realizada entre duas obras localizadas no litoral norte catarinense. A partir dos resultados, observa-se que o sistema com lajes pré-fabricadas é 14,56% mais barato do que o com lajes moldadas in loco e, além disso, o prazo de execução foi reduzido em 60%, o que revela que a industrialização da construção civil brasileira tem muito a acrescentar ao setor e a população.

Palavras-chave: Industrialização. Lajes pré-fabricadas. Controle de qualidade. Construção civil.

ABSTRACT

The high rate of material waste, low productivity, poor quality of life at construction sites, in addition to products with unsatisfactory performance are realities in the civil construction sector today. The industrialization of the sector makes it possible to improve the construction method. One of the solutions to achieve it is through the use of techniques such as prefabricated concrete structure, due to its high productivity, quality control, and greater monitoring of costs and execution. Thus, this work aims to carry out a comparative study between the use of prefabricated slabs, molded-in industries, and conventional slabs, executed at the construction site, comparing their costs and productivity. The analysis was performed between two construction sites, located on the northern coast of Santa Catarina. From the results, it can be observed that the system with prefabricated slabs is 14.56% cheaper than that with the cast in loco slabs and, in addition, the execution time was reduced by 60%, which reveals that the industrialization of Brazilian civil construction has a lot to add to the sector and the population.

Keywords: Industrialization. Prefabricated slabs. Quality control. Civil construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema aporticado	24
Figura 2 – Sistema em esqueleto	25
Figura 3 – Sistema em painéis estruturais	25
Figura 4 – Sistema para pisos	26
Figura 5 – Sistema para fachadas	26
Figura 6 – Sistema celular	27
Figura 7 – Dispositivos de içamento	32
Figura 8 – Esquemas de armazenamento	34
Figura 9 – Equipamentos auxiliares	36
Figura 10 - Pavimento tipo empreendimento A	39
Figura 11 - Planta de locação das lajes do pavimento tipo	40
Figura 12 - Posicionamento das lajes	41
Figura 13 – Barra de aço disposta entre as lajes.....	42
Figura 14 - Pavimento tipo Empreendimento B.....	43
Figura 15 - Escoramento e formas do Empreendimento B	44
Figura 16 - Planta de escoramento Empreendimento B	44
Figura 17 - Custos de execução de lajes por metro quadrado de pavimento	52
Figura 18 - Comparação dos custos dos Empreendimento A e B	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características das formas em função do material utilizado.....	30
Quadro 2 - Atividades analisadas empreendimento A	45
Quadro 3 - Atividades analisadas empreendimento B	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso das barras de aço por metro	18
Tabela 2 - Reutilização das formas	30
Tabela 3 - Especificações das lajes pré-fabricadas	40
Tabela 4 - Custos com Quadro/Distribuição Elétrica Empreendimento A	48
Tabela 5 - Custos com Quadro/Distribuição Elétrica Empreendimento B	49
Tabela 6 - Custos de Execução de Bloco Estrutural Empreendimento A	49
Tabela 7 - Custos de Execução de Bloco Estrutural Empreendimento B	50
Tabela 8 - Custos de execução de uma laje para o Empreendimento A	51
Tabela 9 - Custos de execução de uma laje para o Empreendimento B.....	51
Tabela 10 - Custos totais do Empreendimento A.....	53
Tabela 11 - Custos totais do Empreendimento B	54
Tabela 12 - Datas de início e fim das atividades do Empreendimento A	55
Tabela 13 - Datas de início e fim das atividades do Empreendimento B.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCIC – Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

IS – Instrução de Serviço

OBZ – Orçamento Base Zero

PCP – Planejamento e Controle de Produção

SAP – System Analysis Program

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. Objetivo Geral	12
1.1.2. Objetivos Específicos	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO	13
2.1.1. Contextualização histórica	13
2.1.2. Vantagens e desvantagens	14
2.2. LAJES DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO.....	15
2.2.1. Execução	15
2.2.1.1. Formas	15
2.2.1.2. Armadura.....	17
2.2.1.3. Transporte.....	18
2.2.1.4. Lançamento	18
2.2.1.5. Adensamento	19
2.2.1.6. Cura	19
2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO	20
2.3.1. Contextualização histórica	20
2.3.2. Vantagens da utilização de concreto pré-fabricado	22
2.3.3. Sistemas estruturais de concreto pré-fabricado.....	24
2.4. LAJES DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO	27
2.4.1. Execução de lajes pré-fabricadas	28
2.4.1.1. Formas	29
2.4.1.2. Armadura	30
2.4.1.3. Instalações prediais.....	31
2.4.1.4. Dispositivos auxiliares para manuseio	31
2.4.1.5. Adensamento	32
2.4.1.6. Endurecimento e Cura	33
2.4.1.7. Desmoldagem	33
2.4.1.8. Armazenamento.....	34
2.4.2. Transporte.....	34
2.4.3. Montagem.....	35

3.	MÉTODO DE PESQUISA.....	37
3.1.	DETALHAMENTO DO MÉTODO DE PESQUISA.....	37
3.2.	ANÁLISE DOS EMPREENDIMENTOS EM ESTUDO.....	38
3.2.1.	Empreendimento A.....	39
3.2.2.	Empreendimento B.....	42
3.3.	ANÁLISE DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS EMPREENDIMENTOS.....	45
3.3.1.	Custo.....	46
3.3.2.	Produtividade.....	46
4.	ESTUDO DE CASO.....	48
4.1.	COMPARATIVO DE CUSTOS DOS INSUMOS.....	48
4.1.1.	Execução de Quadros/Distribuição Elétrica.....	48
4.1.2.	Execução de Bloco Estrutural.....	49
4.1.3.	Execução de Laje.....	50
4.1.4.	Custos totais dos pavimentos tipo.....	53
4.2.	ANÁLISE DAS PRODUTIVIDADES.....	55
4.2.1.	Execução de Bloco Estrutural.....	55
4.2.2.	Execução de Laje.....	56
5.	CONCLUSÕES.....	57
	REFERÊNCIAS.....	58
	APÊNDICE A.....	61
	APÊNDICE B.....	65

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia permite que indústrias mudem sua forma de produção constantemente, buscando sempre o aumento da produtividade. Porém, percebe-se na construção civil que estas evoluções não acontecem na mesma velocidade/intensidade. Ainda hoje utilizam-se técnicas ultrapassadas de produção e são poucas as construtoras que buscam por inovação tecnológica. El Debs (2017) expõe esse fato ao comparar a construção civil com outros ramos, afirmando que essa tem sido uma indústria atrasada por apresentar baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e reduzido controle de qualidade.

Uma forma de inovar e aprimorar o método construtivo é por meio da industrialização da construção. Van Acker (2002) afirma que uma forma efetiva de industrializar o setor da construção civil é transferir o trabalho realizado nos canteiros para fábricas permanentes e modernas. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2015) expõe, que a construção no Brasil tem grande potencial para a industrialização, que permite melhores soluções de custos versus benefícios, reduzindo o ciclo da construção, melhorando a qualidade e potencializando o controle de desempenho ambiental.

Visando alcançar melhor desempenho, construtoras passaram a utilizar concreto pré-fabricado na produção. Linner e Bock (2012) afirmam que a industrialização no setor da construção civil, se deu a partir do deslocamento dos processos convencionais para a fábrica, combinado com elementos da produção seriada por meio da pré-fabricação de componentes. Campos (2020) explica que a construção pré-fabricada de concreto se consolidou como a forma mais viável e mais difundida de se promover a industrialização dessa área.

Chastre e Lúcio (2012) definem elementos pré-fabricados como aqueles que são moldados fora do local de execução, em instalações industriais. Os autores salientam que o fato de os elementos serem executados em indústrias permite a utilização de métodos padronizados, máquinas e equipamentos definidos, mão de obra capacitada e matérias-primas selecionadas com desempenho definido, mantendo, assim, o processo sobre controle e garantindo a qualidade e durabilidade dos mesmos.

Nesse sentido, propõe-se nesse trabalho, um estudo comparativo de custo e produtividade entre a utilização de lajes pré-fabricadas e lajes moldadas in loco. Para atingir os resultados, foi realizado um estudo de duas obras situadas no litoral norte catarinense. O empreendimento A, onde as lajes utilizadas são pré-fabricadas. Já o B, utiliza lajes moldadas in loco. Vale salientar que as obras em questão são executadas em alvenaria estrutural e a produção

das lajes pré-fabricadas é feita pela própria construtora na central de produção. Os dados utilizados neste estudo serão fornecidos pela empresa que está construindo os dois empreendimentos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é comparar e avaliar os dois métodos executivos para a execução de lajes de concreto armado. A partir dos resultados é possível determinar qual sistema construtivo apresenta o melhor custo-benefício, ao se avaliar o custo e produtividade dos métodos para execução de uma obra residencial multifamiliar.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Analisar os processos construtivos utilizando lajes moldadas in loco e lajes pré-fabricadas;
- Avaliar os custos para utilização de lajes moldadas in loco e lajes pré-fabricadas;
- Identificar os prazos de execução de ambos os métodos;
- Comparar os resultados obtidos na execução das lajes nos diferentes sistemas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico necessário à contextualização deste trabalho. O mesmo está separado em dois grupos: das estruturas de concreto armado moldado in loco e pré-fabricado. É realizada a contextualização histórica e apresentadas as vantagens dos dois métodos. Como o foco do trabalho é a comparação das lajes provenientes dos dois métodos construtivos, essas são citadas mais a fundo e explanados os respectivos processos de execução.

2.1. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO

O concreto armado é um processo construtivo inventado na Europa em meados do século XIX e consiste na combinação do concreto com uma armadura de aço. A vantagem do método está justamente na reunião da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas extraordinárias, além disso, o concreto é um material plástico, moldável, ao qual é possível impor os mais variados formatos (SANTOS, 2006).

Segundo Bastos (2006), o concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10% da sua resistência à compressão). Portanto, existe a necessidade de juntar ao concreto um material com essa característica, para que resista às tensões de tração atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura), surge então o chamado concreto armado, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão.

Para Pinto (2016), o método de execução do concreto armado moldado in loco é realizado com diversos elementos sendo moldados e concretados no local onde irão trabalhar, e para isso, além de formas, deve haver um sistema de escoramento adequado ao tempo associado para espera de ganho de resistência do concreto.

2.1.1. Contextualização histórica

Os materiais estruturais mais empregados nas construções da antiguidade foram a pedra, a madeira e, mais tarde, as ligas metálicas. O emprego da pedra e da madeira data de, pelo menos, 3 mil anos e o das ligas, principalmente o ferro fundido, vem de alguns séculos.

Um grande avanço ocorreu com o desenvolvimento dos chamados materiais aglomerantes, que endurecem em contato com a água e tornaram possível a fabricação de uma pedra artificial, denominada concreto ou betão, com a adição de materiais inertes, para aumentar o volume, dar estabilidade físico-química e reduzir custos. Os romanos já utilizavam um tipo de concreto, usando como aglomerantes a cal e a pozolana, de extração natural ou como subprodutos de outros materiais. Porém, foi em 1824 que, Joseph Apsdín, na Inglaterra, estabeleceu um processo de fabricação industrial do cimento Portland, que passou a ser reproduzido em todo o mundo (CLÍMACO, 2008).

De acordo com Carvalho e Figueiredo (2004 apud PINTO, 2016), o francês Lambot, em 1855, utilizou o cimento para a construção de um barco e, posteriormente, J. Monier em 1861 construiu vasos de flores, ambos utilizando argamassa com reforços de ferro, mas ainda sem a utilização de agregados graúdos. Em 1873, o americano Ward construiu uma casa em concreto armado, existente até os dias de hoje na cidade de Nova Iorque. No ano de 1900, Koenen iniciou o desenvolvimento das teorias do concreto armado, os quais Morsch deu continuidade anos depois com base em numerosos ensaios. A partir disto, foram desenvolvidos ao longo de décadas estudos mais aprofundados do concreto armado, sendo que os conceitos fundamentais são validos até os dias atuais.

Segundo Clímaco (2008), o uso do concreto armado no Brasil desenvolveu-se rapidamente no início do século XX. Em 1908, foi construída a primeira ponte na cidade do Rio de Janeiro, com 9 metros de comprimento. Um evento que merece destaque é a conclusão da construção do edifício A Noite, em 1908, no Rio de Janeiro, que durante muitos anos foi o prédio mais alto do mundo construído em concreto armado, com 22 andares. Entre os anos de 1955 e 1960, com a construção de Brasília, surgiram estruturas extremamente arrojadas e esbeltas, que marcaram o desenvolvimento mundial desse tipo de solução construtiva.

2.1.2. Vantagens e desvantagens

Segundo Bastos (2006), o concreto armado é um material utilizado largamente no mundo inteiro, em função de várias características positivas, como por exemplo:

- a) Economia: no Brasil, os componentes utilizados são facilmente encontrados e possuem relativamente baixo custo;
- b) Conservação: o concreto possui boa durabilidade, desde que usado com a dosagem correta. É de fundamental importância respeitar os cobrimentos mínimos para as armaduras;

- c) Adaptabilidade: favorece à arquitetura pela fácil modelagem;
- d) Segurança contra o fogo: desde que a armadura seja protegida por um revestimento mínimo adequado de concreto;
- e) Resistência a choques e vibrações: os problemas de fadigas são menores.

Como aspectos negativos, Clímaco (2008) cita que o método possui um consumo elevado de formas e escoramento, visto que se deve respeitar prazos mínimos para a retirada dos mesmos. Quando utilizado o método de concreto armado moldado in loco, a execução se torna lenta, pela demora na execução de formas, armadura e concretagem. Outro ponto é que o concreto não é um material inerte, portanto o mesmo interage com o ambiente, sendo assim deve-se respeitar as espessuras da camada de concreto de revestimento, para proteção das armaduras. A tendência à fissuração também é um ponto negativo, devido à baixa resistência a tração do material.

2.2. LAJES DE CONCRETO ARMADO MOLDADO IN LOCO

As lajes são os elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, como de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço físico que a laje faz parte. As ações são geralmente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em: distribuídas na área (peso próprio, revestimento de piso, etc.), distribuídas linearmente (paredes) ou forças concentradas (pilar apoiado sobre a laje). As ações são geralmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, mas eventualmente também podem ser transmitidas diretamente aos pilares (BASTOS, 2006).

2.2.1. Execução

2.2.1.1. Formas

As formas são estruturas provisórias, geralmente de madeira, destinadas a dar forma e suporte aos elementos de concreto até a sua solidificação. Além da madeira, que pode ser reutilizada várias vezes, têm sido difundidos, ultimamente, o uso de formas metálicas e mistas, combinando elementos de madeira com peças metálicas, plásticos, papelão e pré-moldados (ZULIAN; DONÁ, 2014 apud PINTO, 2016).

Para Barros e Melhado (2006, p.04, apud GONÇALVES, 2009, p.26), as principais funções do sistema de formas é dar forma ao concreto, fazer a contenção do concreto fresco e sustentá-lo até que atinja a resistência para se auto sustentar, proporcionar à superfície do concreto a rugosidade requerida, servir de suporte para o posicionamento da armação e para o posicionamento de elementos das instalações, servir de estrutura provisória para atividades de armação e concretagem e proteger o novo concreto contra choques mecânicos.

De acordo com Azeredo (1997), as formas para concreto armado devem satisfazer os seguintes requisitos:

- 1) Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto e ter a resistência necessária para não se deformarem sensivelmente sob ação dos esforços;
- 2) Devem ser praticamente estanques, para que não haja perda de cimento arrastado pela água;
- 3) Devem ser construídas de uma forma que permita a retirada dos seus diversos elementos com relativa facilidade e sem choques;
- 4) Devem ser projetadas e executadas de modo que permita o maior número de reutilizações das mesmas peças;
- 5) Devem ser feitas com madeira aparelhadas ou compensados.

Zorzi (2002, p.52, apud GONÇALVES, 2009, p.05), destaca que o custo do sistema de forma depende de diversos fatores como o número de reaproveitamentos, velocidade da execução da estrutura e produtividade da mão-de-obra. De acordo com Milito (2004), as formas podem variar cerca de 40% do custo total das estruturas de concreto armado moldado in loco. Considerando que a estrutura representa em média 20% do custo total de um edifício, pode-se concluir que racionalizar ou otimizar a forma corresponde a 8% do custo de construção. Nessa análise, Milito considerou somente os custos diretos, porém também existem os chamados indiretos, que podem alcançar níveis representativos.

Já no ciclo de execução da estrutura (forma, armação e concreto), Milito (2004) afirma que o item forma é, geralmente, o caminho crítico, responsável por cerca de 50% do prazo de execução do empreendimento. Portanto, o ritmo desta etapa estabelece o das demais atividades e eventuais atrasos. A fôrma é responsável por 60% das horas-homem gastas para execução da estrutura, os outros 40% para atividade de armação e concretagem.

Segundo Yazigi (2009), os tipos de madeira ideais para utilização em formas são as madeiras serradas ou chapas de madeira compensada. Estas não devem apresentar defeitos para que assim se tenha um elemento com um bom acabamento superficial. Além das madeiras, nesta etapa são utilizados pregos para a fixação das formas e desmoldante para que não haja a aderência do concreto na mesma. De acordo com Mattos (2006), deve ser considerada uma taxa de utilização de 0,20 a 0,25kg de prego por m² de forma, e 0,10 litros de desmoldante por m² de forma.

2.2.1.2. Armadura

Segundo Azeredo (1997), é associado o aço ao concreto com a finalidade de melhorar a resistência desse a determinados tipos de esforços. Essa associação tornou-se possível pelo fato de existir uma boa aderência entre ambos os materiais, por possuírem coeficientes de dilatação térmica quase idênticos e o concreto servir como uma proteção à oxidação do aço.

Yazigi (2009) orienta que antes de se iniciar a montagem de armadura da laje, se posicione os gabaritos para os rebaixos e as caixinhas para passagem das instalações elétricas e hidráulicas. Deve-se primeiramente posicionar as barras da armadura principal e então a secundária. Após isso, amarrar os nós alternadamente. Por fim, deve ser posicionada a armadura negativa. Afim de garantir o cobrimento mínimo, deve-se utilizar 5 espaçadores por metro quadrado de laje. Após o término do processo de montagem, é necessário limpar as formas com jato de água ou ímã para que se retire pontas de arame e outras sujeiras.

Para que não aconteça falhas na concretagem, Milito (2004) orienta que é necessário que haja um espaçamento mínimo entre as barras. Esse afastamento deve ser de pelo menos 2cm e não menos do que o próprio diâmetro da barra.

Segundo Mattos (2006), o custo do serviço de armação é estimado com base no peso de aço requerido de acordo com o projeto estrutural, que geralmente traz um quadro de aço com cada peça contendo os respectivos comprimentos, bitola e quantidade. A conversão de comprimento para peso pode ser realizada conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Peso das barras de aço por metro

Diâmetro		kg/m
mm	polegada	
5,0	3/16"	0,16
6,3	1/4"	0,25
8,0	5/16"	0,40
10,0	3/8"	0,63
12,5	1/2"	1,00
16,0	5/8"	1,60
20,0	3/4"	2,50
22,3	7/8"	3,00
25,0	1"	4,00
32,0	1 1/4"	6,30

Fonte: adaptado de Mattos (2006, p.47)

2.2.1.3. Transporte

Azeredo (1997) comenta que o concreto deve ser transportado do local de amassamento para o de lançamento tão rapidamente quanto possível e de tal maneira que mantenha sua homogeneidade, evitando que ocorra a segregação dos materiais. O transporte pode ser realizado por carrinho de mão, guinchos, correias, caminhões-betoneira, tubulação, etc.

Para o concreto dosado e executado em central, Yazigi (2009) salienta que este deve atender às definições de projeto como à resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias ou outras idades consideradas críticas, ao módulo de elasticidade, à consistência expressa pelo slump, à dimensão máxima característica do agregado graúdo, ao teor de argamassa do concreto, ao tipo e consumo mínimo de cimento, ao fator água/cimento máximo e à presença de aditivos.

A utilização de bombas para o transporte do concreto permite a continuidade no fluxo do material e a redução da mão-de-obra necessária. As bombas podem ser estacionárias ou acopladas a lanças, sendo a opção de escolha entre elas definida pelas características do local a ser concretado, como altura, dimensão e condições do canteiro (GONÇALVES, 2009).

2.2.1.4. Lançamento

Antes de realizar o lançamento do concreto, as formas devem estar molhadas para impedir a absorção da água de amassamento e serem estanques para impedir a fuga da nata de cimento. Ao lançar o concreto de uma grande altura ou deixá-lo correr livremente, haverá

tendência à separação entre argamassa e o agregado graúdo. Por isso, a altura máxima de lançamento deve ser de 2 metros (AZEREDO, 1997).

Yazigi (2009) comenta que se deve impedir que no processo as formas sofram qualquer tipo de contaminação, como por exemplo, barro dos pés dos operários. Deve-se prever uma equipe de apoio composta por um encarregado para controle e conferência de níveis após o desempenho; um armador para manutenção da ferragem; um eletricista para verificação da integridade dos conduítes e caixas de derivações; um carpinteiro por frente de concretagem, trabalhando sob as formas, verificando a integridade e o seu completo preenchimento com o auxílio de martelo de borracha. O autor ainda salienta para que se respeite o limite de 2 horas e meia entre a saída do caminhão da usina e o lançamento.

2.2.1.5. Adensamento

Azeredo (1997) diz que o adensamento do concreto tem por objetivo deslocar com esforço os elementos que o compõem, obrigando as partículas a ocupar os vazios e a liberar o ar do material. Tal processo pode ser manual, por socamento ou mecânico. Ainda segundo o autor, a vibração do concreto permite, além da desaeração, dar ao concreto maior fluidez, sem o aumento da quantidade de água.

Para Yazigi (2009), quinze segundos são suficientes para adensar a área em que o vibrador está imerso, pois a vibração excessiva poderá causar segregação dos materiais do concreto. Além disso, deve-se evitar o contato da agulha com as formas e a armadura.

2.2.1.6. Cura

Segundo Bauer (2009), a cura do concreto é um conjunto de medidas que tem por objetivo evitar a evaporação da água utilizada na mistura, pois esta deve reagir com o cimento, hidratando-o. Este processo favorece a resistência mecânica à ruptura e ao desgaste, impermeabilidade e resistência ao ataque de agentes agressivos. Outro fator é que a cura em água reduz a retração da peça, evitando a formação de fissuras de retração, que podem comprometer a permeabilidade do concreto.

Para Freire (2001), a cura do concreto pode ser realizada por meio de represamento ou imersão; pelo espargimento de água; uso de revestimentos saturados de água; ou por aplicação de filme impermeável. O autor complementa que todas as superfícies do concreto necessitam de cura, porém, geralmente é realizada apenas na face superior das lajes.

Yazigi (2009), complementa que em regiões com incidência de sol intenso, deve-se cobrir as lajes com uma lona a fim de minimizar a perda de água por evaporação. A aspersão de água deve ser mantida por um período de no mínimo 3 dias consecutivos, em intervalo de tempo suficientemente curtos para que a superfície da peça permaneça sempre úmida.

2.3. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO

Para Chastre e Lúcio (2012), estruturas pré-moldadas são todas aquelas moldadas fora do local da sua utilização definitiva, e estruturas pré-fabricadas as que são moldadas em instalações industriais. Para os autores, esse último processo permite maior controle sobre a qualidade dos elementos pois proporciona maior racionalização da construção pela implementação da mecanização, capacitação e comprovação experimental das resistências e padrões requeridos, o que pode resultar em maior economia, maior controle de qualidade e maior sustentabilidade.

El Debs (2017) também define as estruturas de acordo com o local de produção, porém, utiliza termos distintos. O autor emprega os conceitos de pré-moldado de fábrica, que são executados em instalações permanentes distantes da obra, portanto, deve ser considerado o transporte do elemento e pré-moldado de canteiro, cujo elemento é executado nas proximidades da obra e existe a tendência de possuir baixa capacidade de produção.

A NBR 9062/2017 apresenta as definições de pré-moldado e pré-fabricado de forma direta e concisa. Elemento pré-moldado é executado fora do local de utilização definitiva da estrutura conforme normas estabelecidas, já o pré-fabricado é a unidade moldada industrialmente em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que se enquadram e estejam em conformidade com as especificações.

2.3.1. Contextualização histórica

Vasconcellos (2002) informa que não se pode precisar a data em que se começou o emprego da pré-moldagem, pois o próprio nascimento do concreto armado ocorreu com a fabricação de elementos fora do local de uso. Sendo assim, pode-se afirmar que o método começou com a invenção do concreto armado. Ainda segundo o autor, a primeira aplicação de elementos pré-moldados em estruturas de edificações foi realizada na França, em 1981, utilizando-se vigas pré-moldadas na construção do Cassino de Biarritz.

Conforme Ordonéz (1974), a grande utilização do concreto pré-fabricado ocorreu nos países afetados pela Segunda Guerra Mundial onde existia uma necessidade de uma reconstrução em grande escala em curto prazo de tempo. Segundo o autor, foi verdadeiramente neste período que a história da pré-fabricação se manifestou como a mais significativa da industrialização na construção.

Salas (1988) considera a utilização dos pré-fabricados de concreto dividida nas três seguintes etapas:

- De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra gerou a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor;
- De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados;
- Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto à base de componentes compatíveis de origens diversas.

Vasconcellos (2002) diz que a primeira grande obra brasileira a usar elementos pré-fabricados foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro em 1926, que utilizou a técnica no desenvolvimento das estacas das fundações e nas cercas do perímetro reservado ao hipódromo. Porém, a utilização deste método no Brasil começa a ter maior visibilidade no início dos anos 1980, principalmente em obras de empresas multinacionais que já tinham histórico de utilização desse método em outros países. Estas já possuíam o conceito de industrialização e alta produtividade com controle de qualidade rigoroso, características as quais motivaram a continuidade do uso dos pré-fabricados na construção civil brasileira em obras de grandes redes de hipermercados, por exemplo (Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, 2017).

2.3.2. Vantagens da utilização de concreto pré-fabricado

Para El Debs (2017), o uso do concreto pré-fabricado diminui o tempo de construção, possui um maior controle dos elementos e reduz o desperdício de materiais. Além disso, o emprego desse método aumenta o grau de desenvolvimento tecnológico do país pelo fato da valorização da mão-de-obra e maior oferta de equipamentos. Ainda segundo o autor, há no Brasil uma tendência de escassez de mão-de-obra qualificada ou que se sujeitaria às condições de trabalho da construção civil tradicional. Esse problema pode ser resolvido com a utilização de concreto pré-fabricado, pois este melhora as condições de trabalho.

De acordo com Serra et al. (2005), o concreto pré-fabricado possui um grande potencial por fornecer diversas oportunidades arquitetônicas, serem econômicos, não haver desperdícios na execução e montagem e possuir alta velocidade de execução. Porém, os autores ressaltam que o processo deve ser cuidadosamente planejado e os intervenientes devidamente identificados para agregar a velocidade como vantagem na construção do edifício.

Exemplificando a alta velocidade de execução, Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto - ABCIC (2016) cita que nas obras de modernização e ampliação de 3 aeroportos brasileiros para a Copa do Mundo de 2014 (Cumbica, Brasília e Viracopos), a utilização de pré-fabricados de concreto foi determinante para que as obras fossem concluídas no prazo necessário para receber os turistas e atletas. Segundo relatos de gestores de empresas que executaram essas obras, foram constatadas reduções de cronogramas que variam de 20% a 50%, quando comparado ao sistema construtivo convencional.

Yazigi (2009), também aponta como ponto positivo dos pré-fabricados a execução dos elementos em fábrica, o que os torna passíveis de controle industrial centralizado, fazendo com que sejam produtos de laboratório, utilizando insumos com qualidade determinada, fornecedores selecionados e mão-de-obra treinada e qualificada. Além disso, o fator tempo é um forte aliado na operacionalização imediata de empreendimentos executados com estes tipos de elementos.

Van Acker (2002) afirma que a indústria de pré-fabricados busca continuamente atender as demandas da sociedade ao buscar economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade. Segundo o autor, essas características são atingidas por meio de alguns tópicos expostos abaixo:

- Produtos feitos na fábrica: A produção em uma fábrica possibilita processos mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas e controle de

qualidade. A competitividade e a sociedade estão forçando a indústria da construção a se atualizar constantemente, melhorando a sua eficiência e as condições de trabalho pelo desenvolvimento e inovação tecnológica de novos sistemas e processos construtivos;

- Uso otimizado de materiais: O uso altamente otimizado do material em fábricas, com a ajuda de equipamentos modernos e procedimentos cuidadosamente elaborados, possibilita um maior potencial econômico, desempenho estrutural e durabilidade dos elementos;
- Menor tempo de construção: O autor afirma que com o uso de pré-fabricados o tempo de construção diminui para menos da metade comparada a convencional moldada no local. O retorno rápido do investimento é cada vez mais importante, e a lentidão dos métodos tradicionais já não é mais aceita;
- Qualidade: A garantia da qualidade durante a fabricação se baseia em alguns pontos: a mão-de-obra, instalações e equipamentos na fábrica, matéria-prima e processos operacionais e controle de qualidade na execução. O fato de na fábrica possuir procedimentos, instruções, inspeções regulares e testes, gera ao produto uma maior qualidade;
- Oportunidade para boa arquitetura: Hoje não se usa mais a industrialização em larga escala somente de elementos idênticos, assim, quase todo tipo de edificação pode ser adaptado aos requisitos dos fabricantes ou do arquiteto;
- Construção menos agressiva ao meio ambiente: A maioria das atividades da construção civil ainda geram um impacto grande sobre o meio ambiente seja em consumo de energia, utilização não racional de recursos naturais, poluição, barulho e desperdício durante a produção. O autor expõe que a indústria do concreto pré-fabricado reduz o uso de materiais de até 45%, redução do consumo de energia de até 30% e diminuição dos desperdícios com demolição de até 40%. Um dos motivos dessa redução é que as indústrias de pré-fabricados estão reciclando o desperdício do concreto endurecido e fresco, e futuramente as fábricas funcionarão como um sistema fechado de produção, onde todo o material desperdiçado será processado e utilizado novamente.

Chastre e Lúcio (2012) também citam sobre os requisitos de estruturas sustentáveis, entre as quais as pré-fabricadas podem alcançar mais facilmente devido a racionalização da construção, que se dá por meio da economia das jazidas naturais, minimização da produção de resíduos, utilização de materiais locais e aproveitamento da reciclagem dos mesmos,

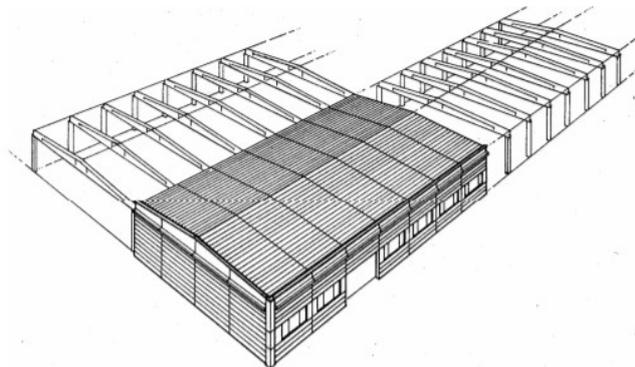
racionalização da obra e preservação do patrimônio devido à flexibilidade e adaptabilidade das edificações pré-fabricadas e à redução de custos em manutenção e maior longevidade.

2.3.3. Sistemas estruturais de concreto pré-fabricado

Segundo Van Acker (2002), existe uma grande quantidade de sistemas e técnicas para as construções pré-fabricadas, porém, todos fazem parte de um limitado número de sistemas estruturais básicos. Os mais comuns são os seguintes:

- a) Sistemas aporticados: consiste em pilares e vigas de fechamento, que possibilitam grandes vãos e alcançam espaços abertos sem a interferência de paredes. Geralmente utilizados em construções industriais, armazéns, shopping centers, entre outros. Um exemplo pode ser visto na Figura 1;

Figura 1 – Sistema aporticado



Fonte: Van Acker (2002, p. 12).

- b) Sistema em esqueleto (Figura 2): consiste em pilares, vigas e lajes para edificações de alturas médias e baixas. São geralmente utilizadas para construção de escritórios, escolas, hospitais, entre outros;

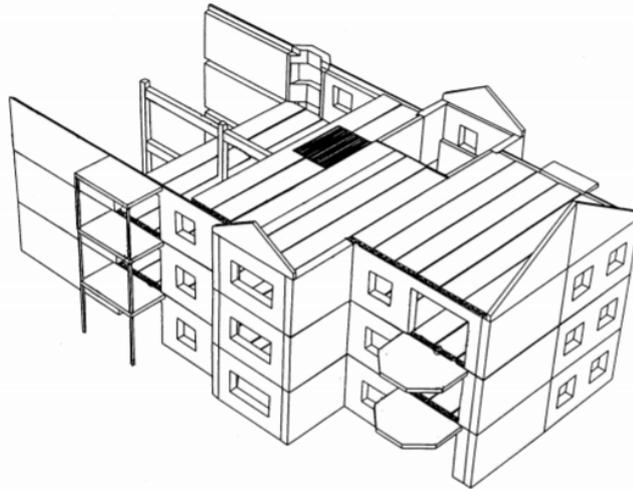
Figura 2 – Sistema em esqueleto



Fonte: Van Acker (2002, p. 12).

- c) Sistema em painéis estruturais (Figura 3): consiste em painéis portantes verticais e de paines de lajes, os quais são muito utilizados para a construção de casas e apartamentos, hotéis, escolas, entre outros;

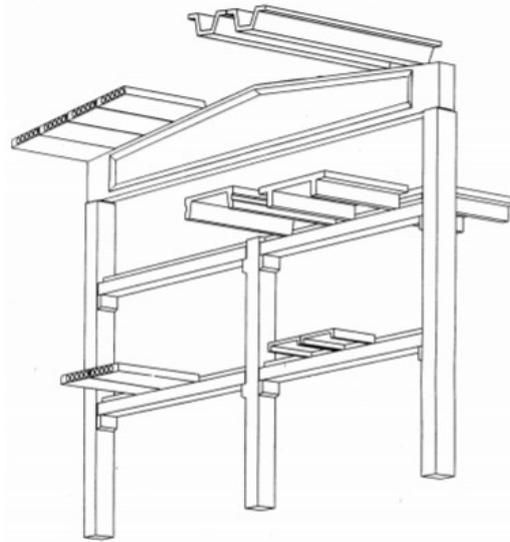
Figura 3 – Sistema em painéis estruturais



Fonte: Van Acker (2002, p. 13).

- d) Sistema para pisos: consiste em vários tipos de elementos de laje montados para formar a estrutura do piso capaz de distribuir a carga concentrada e transferir as forças horizontais para os sistemas de contraventamento. São muito utilizados em conjunto com todos os tipos de sistemas construtivos. Um exemplo pode ser visto na Figura 4;

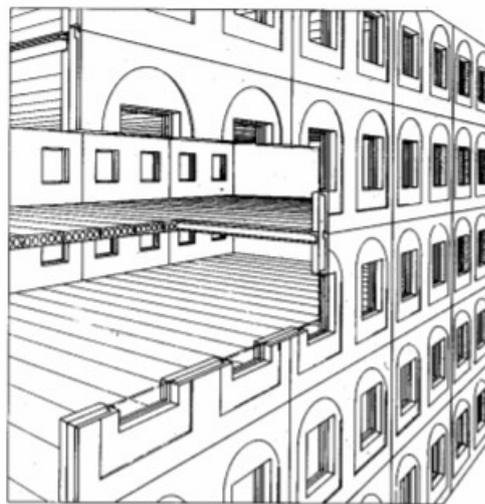
Figura 4 – Sistema para pisos



Fonte: Van Acker (2002, p. 14).

- e) Sistema para fachadas (Figura 5): consiste em painéis maciços ou sanduíches podendo ou não ter função estrutural. Possuem todos os tipos de formato e execuções. São adequadas para qualquer tipo de construção;

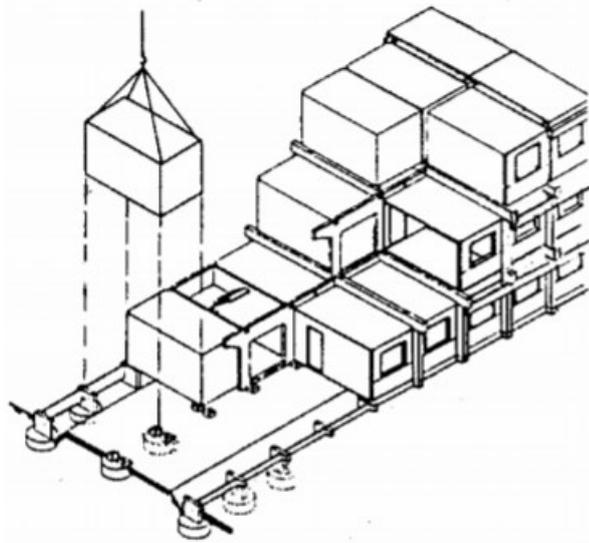
Figura 5 – Sistema para fachadas



Fonte: Van Acker (2002, p. 14).

- f) Sistemas celulares: consiste em células de concreto pré-fabricado. É um sistema vantajoso por ser rápido, a fabricação é industrializada até o término e os equipamentos podem ser montados completamente na fábrica. Um exemplo pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Sistema celular



Fonte: Van Acker (2002, p. 16).

2.4. LAJES DE CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO

Bastos (2021) define laje pré-fabricada como o elemento que tem suas partes constituintes fabricadas em escala industrial no canteiro de uma fábrica. Pode ser de concreto armado ou de concreto protendido. São aplicadas tanto nas edificações de pequeno porte como também nas de grande porte.

Van Acker (2002) explica que os pisos em concreto pré-fabricado geram rapidez na construção, possuem as faces interiores bem-acabadas, têm alto desempenho mecânico, atingem grandes vãos e são altamente duráveis. O autor classifica os pisos em completamente ou parcialmente pré-fabricados. O primeiro é composto por elementos totalmente moldados na fábrica, já o segundo é produzido de uma parte pré-fabricada e outra moldada no local. O autor expõe que são cinco os principais tipos de pisos no mercado:

- a) Pisos de lajes alveolares: as lajes alveolares podem ser tanto em concreto protendido como em concreto armado, e estão disponíveis em diferentes espessuras. Os alvéolos (vazios) tem a intenção de reduzir o peso próprio do elemento, assim é possível atingir grandes vãos;
- b) Pisos nervurados: As seções transversais são em TT ou U invertido, onde as principais vantagens são a capacidade portante em combinação com grandes vãos;

- c) Pisos formados por lajes maciças: Esses elementos são geralmente executados em concreto leve para reduzir o peso e melhorar as propriedades térmicas. O principal fator de usar esse piso é devido ao isolamento acústico ou por razões higrotérmicas;
- d) Sistema misto com placas pré-moldadas: este sistema é um piso parcialmente pré-fabricado que consiste em painéis simples ou nervurados, que são utilizados como formas permanentes para o concreto de preenchimento. Geralmente são armados com treliças para que exista uma boa interação entre o elemento de fábrica e o concreto moldado no local;
- e) Sistema compostos por lajes com vigotas: é composto por vigotas pré-fabricadas posicionadas paralelamente entre si e blocos de preenchimento que podem ser cerâmicos, de concreto ou de poliestireno expandido.

Para Melo (2004) as lajes pré-fabricadas visam diminuir a utilização de formas nas obras, reduzir a perda de concreto, racionalizar as armaduras e tornar menor o tempo de montagem das lajes, diminuindo assim o tempo de ciclo de cada pavimento. Para isso, é necessário que todos os projetos estejam compatibilizados para o uso desses elementos.

2.4.1. Execução de lajes pré-fabricadas

Como as etapas de execução das lajes são realizadas em um ambiente controlado de fábrica, Franco (2013) afirma que o prazo total da obra é reduzido se comparado ao método moldado in loco, pois, interfere diretamente em etapas que estão no caminho crítico da programação das atividades, além de maior produção e menor dependência da qualidade da mão-de-obra. Para Miriam Addor, presidente da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ABCIC, 2016), essa redução pode ser de até 35% em relação às soluções convencionais, caso a opção do pré-fabricado nasça junto ao projeto.

Segundo El Debs (2000), a execução dos elementos de concreto pré-fabricado pode ser subdividida em: atividades preliminares, execução propriamente dita e atividades posteriores. As atividades preliminares consistem na preparação dos materiais, desde o armazenamento das matérias-primas ao processo de montagem da armadura, e o transporte dos insumos até o local de trabalho. A execução propriamente dita compreende todo o processo, desde a preparação das formas ao processo de cura e desmoldagem do concreto. Já a etapa de atividades posteriores engloba o transporte do elemento na fábrica, a realização dos acabamentos finais e o armazenamento.

2.4.1.1. Formas

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2017), as formas devem se adaptar as formas e dimensões das peças projetadas, e essas podem ser constituídas de aço, alumínio, concreto, madeira, fibra ou plástico. Junior (2008) afirma que dentre essas opções, a madeira é a principal matéria prima utilizada na fabricação de moldes para concreto, por apresentar baixo consumo de energia para o processamento, alta resistência específica e ser um material muito fácil de ser trabalhado manualmente e por máquinas.

Para El Debs (2000), as formas possuem fundamental importância pois determinam a qualidade do produto e a produtividade do processo. O autor ainda lista as qualidades desejáveis para as mesmas:

- a) estabilidade volumétrica, para que as dimensões dos elementos obedeçam às tolerâncias especificadas;
- b) possibilidade de serem reutilizadas diversas vezes sem gastos excessivos de manutenção;
- c) serem de fácil manejo e que facilitem tanto a colocação e fixação da armadura em seu interior quanto dos elementos especiais, se for o caso;
- d) apresentar pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- e) facilidade de desmoldagem, sem apresentar pontos de presa;
- f) estanqueidade, para que não ocorra fuga de nata de cimento, com prejuízo na resistência e no aspecto do produto;
- g) versatilidade, de forma a possibilitar seu uso em várias seções transversais;
- h) transportabilidade, no caso de execução com forma móvel.

El Debs (2000) expõe que a escolha do material das formas depende de vários fatores como o acabamento superficial, tolerância, dimensões e forma dos elementos, tipo de adensamento e cura e o número de reutilizações. O Quadro 1 mostra as características das formas em função do material utilizado.

Quadro 1 - Características das formas em função do material utilizado

Características	Aço	Madeira	Concreto	Plástico
Constância Volumétrica	Boa	Ruim	Boa	Boa
Aderência	Boa	Regular	Ruim	Boa
Manuseio	Boa	Boa	Ruim	Boa
Possibilidade de Transformação	Boa	Boa	Ruim	Ruim
Facilidade de Transporte	Boa	Boa	Ruim	Boa

Fonte: El Debs (2000, p. 38).

El Debs (2000) ainda afirma que as formas de aço e de madeira são as mais utilizadas, sendo a de madeira a que possui menor custo. Para que seja possível identificar a que se encaixa melhor no processo de pré-fabricados, é apresentado na Tabela 2 o número de reutilização que cada material permite.

Tabela 2 - Reutilização das formas

Tipo de Material		Número de Reutilizações
Madeira não tratada	Sem tratamento térmico	40-80
	Com tratamento térmico	20-30
Madeira tratada ¹	Sem tratamento térmico	80-120
	Com tratamento térmico	30-80
Madeira revestida de chapa ²	Sem tratamento térmico	80-150
	Com tratamento térmico	30-80
Concreto		100-300
Plástico reforçado com fibra de vidro		80-400
Formas de aço desmontáveis		500-800
Formas de aço não desmontáveis		800-1200

¹Inclui o uso de chapas de madeira compensada.

²Revestimento de chapa de aço de 0,3 a 0,5 mm de espessura.

Fonte: El Debs (2000, p. 39).

Apesar da forma de madeira apresentar menor custo, o número de reutilização não se mostra vantajoso para a produtividade que se busca atingir em fábrica. Por este motivo, a forma de aço se mostra com maior proveito nos pré-fabricados.

2.4.1.2. Armadura

El Debs (2000) diz que o processo de armação dos elementos pré-fabricados é basicamente igual ao método convencional, porém, percebe-se uma racionalização dos trabalhos possibilitada pela produção em série e pelas facilidades de execução em local apropriado. O autor ainda afirma que é possível viabilizar o emprego de equipamentos que

aumentem a produtividade, tais equipamentos auxiliam na execução de corte e dobra de fios, barras e telas.

A ABNT (2017) regulamenta que a armadura deve ser colocada no interior das formas de modo que no momento do lançamento do concreto, mantenha-se na posição de projeto. Para isso, é permitido o uso de arames, tarugos ou espaçadores.

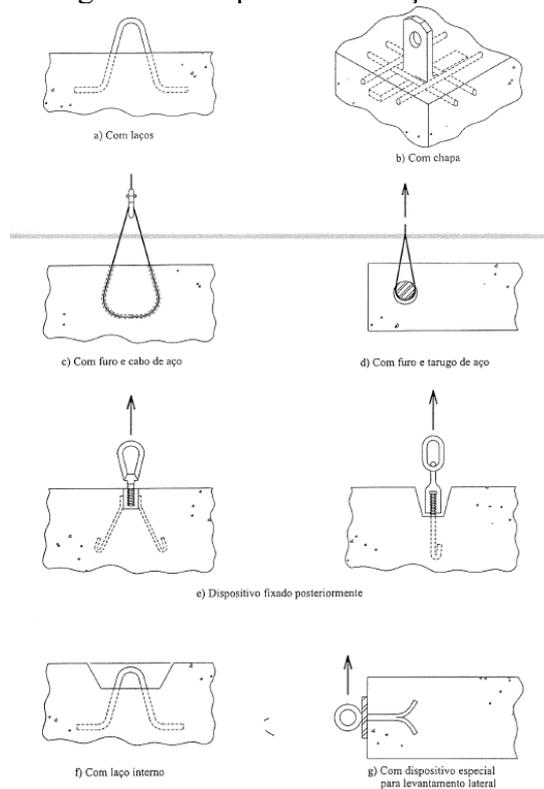
2.4.1.3. Instalações prediais

Van Acker (2002) afirma que dutos, caixas ou aberturas para adaptação elétrica, ou então tubos de água pluvial podem ser parcialmente integrados nos elementos pré-fabricados, porém devem ser planejados em estágios anteriores. A grande vantagem deste processo é que a estrutura pré-fabricada pode ser projetada de acordo com as necessidades específicas dos equipamentos de montagem.

2.4.1.4. Dispositivos auxiliares para manuseio

Para a movimentação do elemento são necessários equipamentos e dispositivos que permitam o içamento e manuseio do mesmo. Os dispositivos auxiliares empregados podem ser laços ou chapas chumbados, orifícios, laços ou argolas rosqueadas posteriormente ou dispositivos especiais (El Debs, 2000). A Figura 7 esquematiza estes dispositivos.

Figura 7 – Dispositivos de içamento



Fonte: El Debs (2000, p. 48).

2.4.1.5. Adensamento

A NBR 9062/2017 da ABNT é a que normaliza o processo de adensamento. Segundo a norma, o concreto deve ser adensado por meio da vibração, centrifugação ou prensagem, por um processo cuidadoso que preencha todos os cantos da forma. Durante o procedimento deve-se ter cuidado para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais e, caso seja usado vibradores por imersão, este não deve ter contato com a armadura para que não se formem vazios ao redor, prejudicando assim a aderência.

El Debs (2000) afirma que o adensamento é o grande responsável pela qualidade do concreto e a produtividade do processo. Segundo o autor, o concreto utilizado nos elementos pré-fabricados possui uma resistência elevada comparada ao método convencional, apresentando menores relações água/cimento e conseqüentemente menores índices de consistência. Levando-se isso em conta, deve-se ter maiores cuidados no processo de adensamento de forma a garantir a qualidade do concreto. O autor ainda expõe que nesse método o processo de adensamento mais empregado é o de vibração externa com vibradores de forma, mesas ou cavaletes, ou vibração superficial.

2.4.1.6. *Endurecimento e Cura*

A grande vantagem buscada ao produzir em fábricas é a produtividade, pois espera-se produzir uma quantidade maior de elementos em um menor espaço de tempo comparado ao concreto moldado in loco. Para aumento da produtividade, busca-se acelerar o endurecimento do concreto, assim torna-se possível liberar a forma e o elemento mais rapidamente. El Debs (2000) propõe as seguintes formas de acelerar este processo:

- a) utilizar cimento de alta resistência inicial (cimento ARI);
- b) aumentar a temperatura;
- c) utilizar aditivos.

As duas primeiras são as mais comuns no concreto pré-fabricado. O endurecimento ocorre com o aumento de temperatura pois acelera a velocidade das reações químicas entre o cimento e a água, porém deve ser realizado com cuidado, pois pode ocorrer perda de água necessária para hidratação do cimento, causando fissuras e, conseqüentemente, perda de resistência do elemento (El Debs, 2000).

Ainda em relação ao processo de cura, El Debs (2000) cita que este pode ser realizado por meio da aspersão, na qual as superfícies expostas são mantidas úmidas; por imersão, que corresponde à colocação dos elementos em tanques de água; cura térmica, onde é aumentada a temperatura do concreto por meio de estufas; e a cura com película impermeabilizante, realizada ao aplicar pinturas que impeçam a saída de água pela superfície exposta.

2.4.1.7. *Desmoldagem*

Segundo El Debs (2000) o processo empregado na desmoldagem depende basicamente do tipo de forma que está sendo utilizado. Este pode ser direto, onde a retirada acontece por levantamento; por separação dos elementos, correspondente às fôrmas tipo bateria utilizadas na execução de painéis; e por tombamento da forma, a qual é colocada na posição vertical para a desmoldagem mediante o uso de mesa de tombamento.

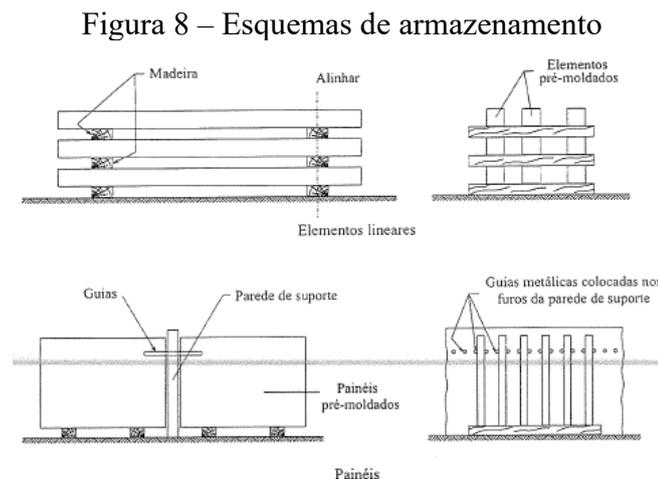
A NBR 9062/2017 da ABNT comenta que a desmoldagem deve ocorrer de forma que não danifique os elementos concretados, prevendo ângulos de saída, livre remoção das laterais e cantos chanfrados ou arredondados. Nos casos onde as formas são tratadas com produtos

antiaderentes, este não deve exercer qualquer reação química com o concreto e não deve ter contato com a armadura.

2.4.1.8. Armazenamento

Segundo a NBR 9062/2017 da ABNT, o elemento pré-fabricado deve ser armazenado sobre apoios dispostos em terreno plano e firme. As unidades podem formar pilhas desde que não haja contato entre as superfícies de dois elementos.

El Debs (2000) reforça a atenção nesta etapa para que os elementos não apresentem deformações excessivas devido à pouca idade do concreto e estufamentos em razão da variação de temperatura. Na Figura 8 são mostrados os possíveis esquemas de armazenamento dos elementos.



Os dispositivos de içamento das lajes ficam dispostos nas áreas de maior dimensão, portanto, o armazenamento ideal destes elementos está mostrado no primeiro esquema onde as lajes são apoiadas umas sobre as outras sem que haja contato entre as faces.

2.4.2. Transporte

O transporte refere-se à transferência do elemento da fábrica à obra. No Brasil usa-se basicamente o transporte rodoviário, porém, este pode ser ainda ferroviário ou marítimo. El Debs (2000) diz que o transporte rodoviário pode causar grandes ações dinâmicas, por esta razão, deve-se ter cuidado com a fixação das unidades.

A NBR 9062 (ABNT, 2017) salienta que os elementos dispostos em mais camadas devem ser ancorados para impedir o tombamento e deslizamento, assim como terem as superfícies protegidas para que cabos ou dispositivos metálicos não danifiquem as peças.

2.4.3. Montagem

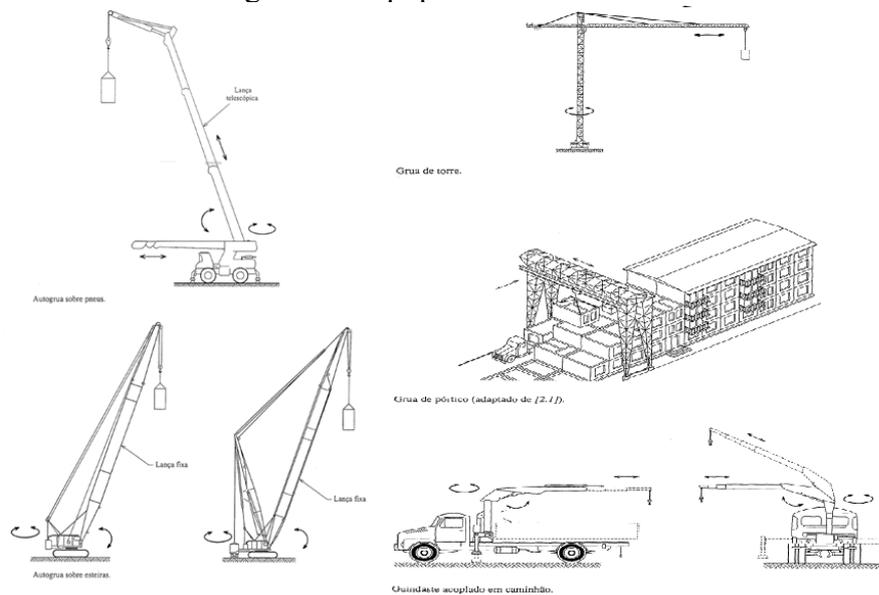
Segundo Yazigi (2006), o planejamento prévio à montagem das peças no local definitivo é um fator preponderante que influencia na qualidade e na eficiência de execução da obra. Portanto, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- 1) Sequência de fabricação e envio das peças para o canteiro: além da programação de envio das peças, é importante que os elementos sejam posicionados na carreta de modo a reduzir o número de movimentos necessários para o içamento e fixação em local definitivo, para se evitar quebras;
- 2) Localização dos equipamentos de transporte vertical: devem ser analisados comprimento da lança, o ponto mais distante de carregamento ou descarregamento e capacidade do equipamento, para que não haja transtornos no momento da montagem;
- 3) Métodos e sequência de montagem: a colocação das peças só pode ser liberada após o cumprimento dos tempos mínimos recomendados para que certas deformações ocorram. Além disso, é necessário preservar a estabilidade da estrutura, sem causar deformações em um só ponto ou em um só lado da edificação;
- 4) Métodos de fixação: além das fixações definitivas, é necessário discutir sobre a necessidade de fixações temporárias, como calços de apoio. Essas fixações necessitam ser projetadas para que sejam acessíveis aos trabalhadores por intermédio de escada ou plataforma estável;
- 5) Armazenamento: deve ser analisado se o terreno ou a laje suportam o peso próprio das peças; a posição do armazenamento; a necessidade de proteger as peças do acúmulo de poeira e chuva; e a sequência de armazenamento dos painéis, de preferência na mesma sequência em que serão montados.

Para que os pré-fabricados sejam montados na obra é necessário a utilização de equipamentos auxiliares que fazem o içamento do elemento. Segundo El Debs (2000), estes

equipamentos podem ser autogruas, grua de torre, grua de pórtico ou guindaste acoplado a caminhão. Os elementos são mostrados na Figura 9. Ainda segundo o autor, para a montagem das lajes pré-fabricadas em obra, os equipamentos que mais se adequam são as autogruas e as gruas de torre. O guindaste acoplado ao caminhão não possui a capacidade de atingir grandes alturas, e a grua de pórtico é mais adequada aos sistemas celulares. A escolha do melhor tipo de equipamento e da capacidade dependerá de fatores como dimensões dos elementos, número de levantamentos, condições topográficas de acesso, disponibilidade e custo.

Figura 9 – Equipamentos auxiliares



Fonte: El Debs (2000, p. 57).

A ABNT (2017) normaliza o processo de montagem dos elementos pré-fabricados, exigindo que um engenheiro faça a orientação e supervisão dessa etapa. Esse profissional é responsável pelos processos de planejamento, procedimentos, carregamento crítico, contraventamento e apoios, calços para nivelamento e escoramento.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. Primeiramente são apresentadas detalhadamente as etapas metodológicas e as ferramentas de pesquisa utilizadas em cada uma delas. Na sequência, é apresentado o desenvolvimento de cada uma destas etapas.

3.1. DETALHAMENTO DO MÉTODO DE PESQUISA

A primeira etapa consiste no diagnóstico dos produtos de estudo, assim como a apresentação e caracterização do processo de execução dos mesmos na empresa. Nesta fase, a pesquisa teve como base evidências coletadas através de documentos da empresa, observação direta e entrevistas, o que remete a um estudo de caso.

As informações coletadas de documentos da empresa, por meio das Instruções de Serviços (IS), permitiram conhecer as etapas de execução do produto pré-fabricado na instalação fabril, desde as atividades preliminares às atividades posteriores, as quais foram citadas no capítulo anterior. Tais registros permitiram a identificação de materiais utilizados, sistema e técnicas empregadas na confecção do produto.

A observação direta, através do acompanhamento presencial na execução do empreendimento com elementos pré-fabricados, permitiu conhecer todo o processo construtivo do sistema em obra, identificar tempos de produção e ciclos construtivos. Também possibilitou a identificação de dificuldades e inconsistências existentes na etapa de produção.

Visto que o autor desta pesquisa não participou diretamente na execução do empreendimento com lajes moldadas in loco, foram realizadas entrevistas com engenheiro, mestre de obra e auxiliares de engenharia que trabalharam neste método construtivo, com o intuito de adquirir um maior conhecimento das etapas seguidas pela construtora no processo. Além das entrevistas, documentos da empresa auxiliaram no melhor entendimento do método.

Na etapa seguinte, foram levantados os custos e a produtividade para realização dos pavimentos tipo de cada empreendimento. Para isso, foi necessário elencar as etapas para execução dos pavimentos dos dois sistemas. Os dados obtidos aqui foram provenientes das informações levantadas na etapa anterior e da análise do banco de dados da empresa, o qual é proveniente do software de gerenciamento de dados utilizado pela organização.

3.2. ANÁLISE DOS EMPREENDIMENTOS EM ESTUDO

A empresa de estudo foi fundada em 2006, conta atualmente com 348 funcionários diretos e tem como principal atividade a construção de edifícios residenciais multifamiliares, atuando no norte de Santa Catarina. O produto é segmentado em duas classes, uma com processo construtivo em estrutura convencional de concreto armado e alvenarias de blocos cerâmicos, e a segunda linha de produtos é construída em alvenaria estrutural com blocos de concreto.

A organização possui 32 empreendimentos entregues até esta data, totalizando 5.438 apartamentos e uma área construída de 563.489,01m². Foi no ano de 2010 a execução do primeiro empreendimento em alvenaria estrutural, totalizando 26 empreendimentos entregues até hoje. Atualmente esta é a linha de produto com maior volume de produção da empresa, o que corresponde a 81,25% dos empreendimentos construídos.

Esta representatividade do produto com processo construtivo em alvenaria estrutural fomentou a empresa a investir em tecnologia para esta linha de mercado, com o objetivo de reduzir as etapas de construção em campo, aliadas à redução de custos e à sustentabilidade do produto, antecipando a execução das atividades para um ambiente controlado e sem influência de intempéries. O desenvolvimento desta central de pré-fabricados iniciou no ano de 2014, com a produção de lajes, vigas e escadas, além de pré-fabricados de pequeno porte, como vergas e contravergas que são utilizados nas elevações da alvenaria estrutural.

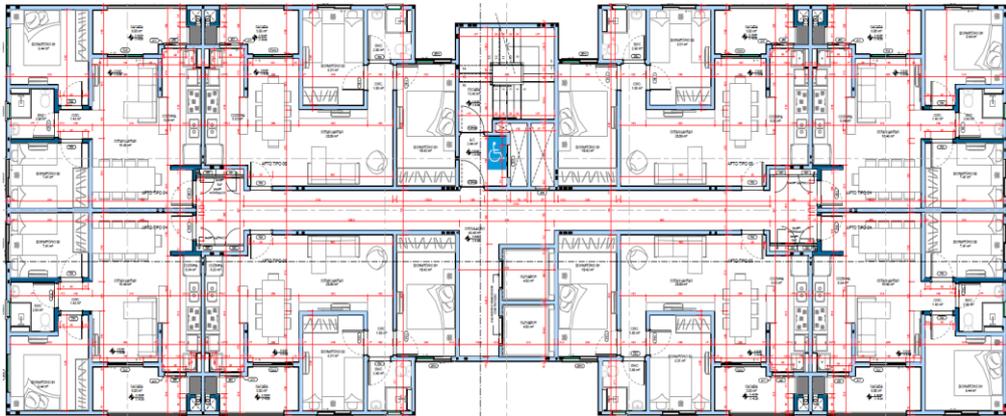
A linha de produção conta com estações de trabalho predefinidas e uma central de produção de concreto em que ocorrem as etapas de transformação. Estas peças seguem um fluxo circular de produção em que são deslocadas de maneira automatizada entre as estações de trabalho, percorrendo as etapas de desforma, aplicação de desmoldante, posicionamento de armações, instalações de subsistemas elétricos, hidrossanitários e sistema de içamento, concretagem, vibração e cura, como citado nos capítulos anteriores.

Neste estudo, tanto os empreendimentos executados com lajes pré-fabricadas (empreendimento A) e os construídos com lajes moldadas in loco (empreendimento B) fazem parte da classe com processo construtivo em alvenaria estrutural. Portanto, a seguir serão avaliados os dois processos.

3.2.1. Empreendimento A

O empreendimento A, localizado no litoral norte catarinense, conta com 10 torres de 9 andares. O processo construtivo utilizado pela empresa emprega a alvenaria como função de estrutura e vedação em conjunto com o uso de lajes pré-fabricadas. A planta do pavimento tipo está exposta na Figura 10.

Figura 10 - Pavimento tipo empreendimento A

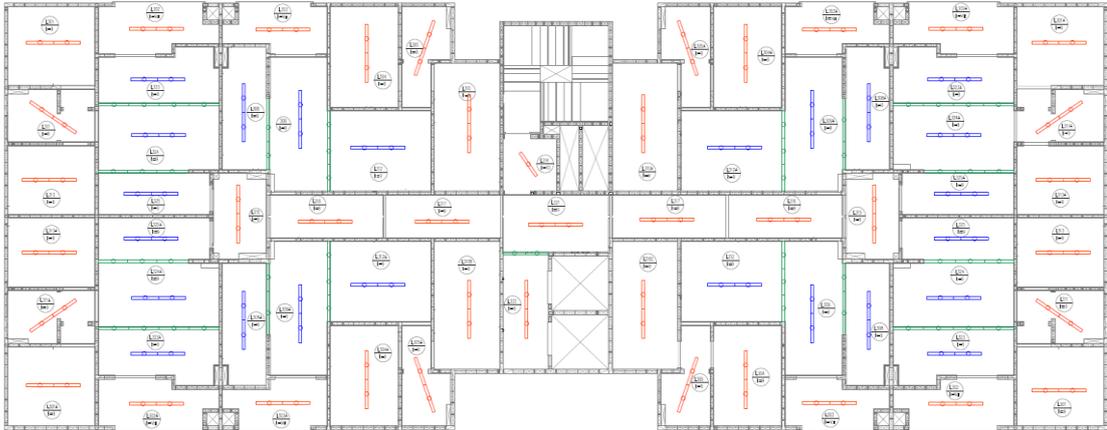


Fonte: fornecido pela empresa (2021).

O pavimento possui cerca de 570 m² de área total e conta com 8 apartamentos, sendo que todos eles possuem 2 dormitórios, 1 banheiro, sala, cozinha e sacada. Para a execução deste sistema a organização conta com mão de obra própria, sendo a equipe formada por 1 encarregado, 8 assentadores de bloco, 10 serventes, 3 meio-oficiais e 2 sinaleiros. Todos trabalham como mensalistas. Para que o prazo seja atendido, as equipes seguem etapas de trabalho pré-determinadas pela empresa e, conforme o cronograma da obra, as atividades dos colaboradores podem ser remanejadas pelo encarregado.

Como dito anteriormente, as lajes desse empreendimento são executadas em uma central de pré-fabricação. Não existe nenhum custo extra de frete do transporte das lajes da fábrica à obra, tais valores já estão inclusos no preço das lajes. No pavimento tipo são utilizadas 66 unidades dessa classe de laje, sendo 20 elementos com formatos distintos. A Figura 11 e a Tabela 3 demonstram a locação das lajes no pavimento e as especificações dos elementos, respectivamente.

Figura 11 - Planta de locação das lajes do pavimento tipo



Fonte: fornecido pela empresa (2021).

Tabela 3 - Especificações das lajes pré-fabricadas

ELEMENTO	PESO DAS LAJES		
	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	ÁREA (m ²)
L301/L301A	2061	0,8244	9,16
L302/L302A	1540	0,6158	7,25
L303/L303A	1304	0,5216	6,16
L304/L304A	2043	0,8172	9,08
L305/L305A	1176,75	0,4707	5,23
L308/L308A	1575	0,6300	7,00
L309/L309A	2277	0,9108	10,12
L310/L310A	2488,5	0,9954	11,06
L311/L311A	1343,25	0,5373	5,97
L312/L312A	2389,5	0,9558	10,62
L313/L313A	1786,5	0,7146	7,94
L314	941,5	0,3766	3,80
L315	1229,25	0,4917	5,65
L316	1449	0,5796	6,44
L317	1449	0,5796	6,44
L321	2079	0,7218	8,02
L322	1354,5	0,6570	7,30
L323/L323A	1742	0,6966	7,74
L324/L324A	2268	0,9072	10,08
L325/L325A	1380	0,5517	6,13

Fonte: fornecido pela empresa (2021).

A Figura 11 também representa o escoramento das lajes, sendo este de material metálico. São utilizadas 155 escoras por pavimento, sendo que as verdes (26 unidades) devem permanecer por 3 dias, portanto são utilizadas 2 vezes a cada ciclo de construção do pavimento

tipo; as alaranjadas (81 unidades) são preservadas por 6 dias, utilizadas uma vez por ciclo; e as azuis (48 unidades) são mantidas por 24 dias, reaproveitadas a cada 4 ciclos.

A torre é dividida em dois lados: lado A e lado B. Após realizada a alvenaria do lado A, inicia-se o processo de posicionamento das lajes (Figura 12). Esta etapa é extremamente rápida, em um dia de trabalho é possível realizar o posicionamento de metade das lajes de um pavimento. O encarregado conta com 1 meio-oficial, 2 serventes e 2 sinaleiros para realizar o procedimento.

Figura 12 - Posicionamento das lajes



Fonte: fornecido pela empresa (2021).

Primeiramente é realizado o posicionamento das escoras e aplicada a argamassa de respaldo. Após isso, a laje é içada com o auxílio da grua e posicionada no devido local. Entre duas lajes, devem ser dispostas duas barras de aço com diâmetro de 10mm, e estas devem ser amarradas nas alças das lajes (Figura 13). Os eletrodutos que derivam do elemento devem ser conectados através da caixa plástica embutida na laje. Desta peça serão derivados os eletrodutos que passam e descem. Por fim, é realizada a concretagem por toda a extensão da costura e dado o devido acabamento. Este último processo é realizado pelos 2 serventes e pelo meio-oficial.

Figura 13 – Barra de aço disposta entre as lajes



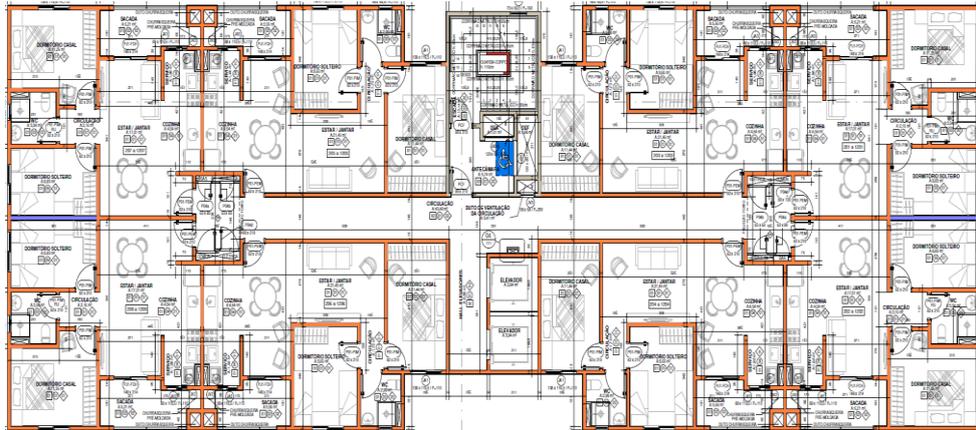
Fonte: fornecido pela empresa (2021).

Paralelamente ao posicionamento das lajes do lado A do pavimento, é executada a alvenaria do lado B pelo restante dos trabalhadores. Ao finalizar, repete-se o processo de posicionamento das lajes no lado B, com a mesma mão-de-obra e no mesmo formato da anterior.

3.2.2. Empreendimento B

O empreendimento B também está localizado no litoral norte catarinense e conta com 2 torres de 12 andares e meio. O processo construtivo utilizado é com alvenaria estrutural e lajes moldadas in loco. A planta do pavimento tipo é mostrada na Figura 14.

Figura 14 - Pavimento tipo Empreendimento B



Fonte: fornecido pela empresa (2021).

O pavimento tipo do empreendimento B é quase idêntico ao do tipo A. Possui cerca de 610 m² de área total e conta com 8 apartamentos, sendo que todos eles possuem 2 dormitórios, 1 banheiro, sala, cozinha e sacada. Para a execução deste tipo de empreendimento a construtora opta pelo emprego de mão de obra terceirizada. A empresa contratada para fazer o serviço trabalha com seus colaboradores por empreitada, ou seja, quanto mais se produz mais se recebe. O valor de cada atividade depende do nível de dificuldade e exigência de qualidade de acabamentos. É de responsabilidade da terceirizada disponibilizar um de seus colaboradores para exercer a função de encarregado da equipe, sendo responsável pelas atividades e cumprimento do cronograma da obra.

A execução das lajes é realizada de maneira convencional, com o uso de formas de madeira e escoramento metálico (Figura 15). Percebe-se que a qualidade do produto final diminui conforme o progresso dos pavimentos, devido à reutilização das formas. Com o intuito de diminuir esse problema, o material é substituído a cada 6 andares.

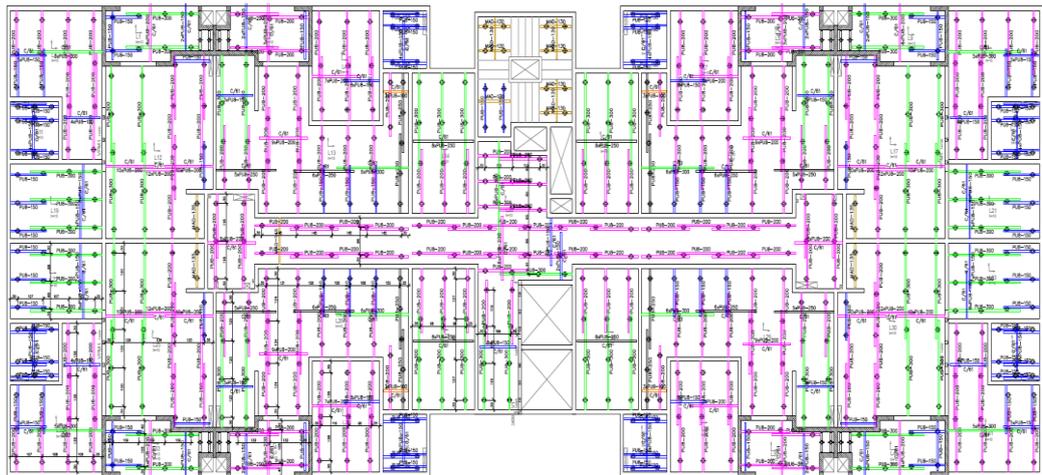
Figura 15 - Escoramento e formas do Empreendimento B



Fonte: fornecido pela empresa (2021).

A quantidade alta de escoramento (Figura 16), cerca de 633 escoras por pavimento (308,39% superior ao Empreendimento A), e o transporte das chapas de madeira ocupa de maneira significativa a mão-de-obra e compromete o atendimento ao ciclo executivo planejado. Além disso, a necessidade de manter o escoramento até que se atinja a resistência especificada limita a entrada de atividades sequentes nos pavimentos imediatamente inferiores ao pavimento da concretagem.

Figura 16 - Planta de escoramento Empreendimento B



Fonte: fornecido pela empresa (2021).

Nesse empreendimento não existe a separação de atividades por lados A e B da torre. Primeiramente inicia-se a alvenaria de um lado e, ao finalizar os blocos do pavimento inteiro,

se dá início ao processo de montagem das formas e escoramento. A atividade de armadura inicia conforme as formas finalizam. Com a armadura finalizada, ocorre a concretagem do pavimento tipo inteiro.

3.3. ANÁLISE DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS EMPREENDIMENTOS

Para analisar a produtividade e o custo dos Empreendimentos A e B, primeiramente foram levantadas as atividades necessárias para execução de um pavimento tipo de ambos os casos. Tais dados foram retirados da Estrutura Analítica de Projeto (EAP) da obra, por meio do software SAP, e estão apresentados nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 - Atividades analisadas empreendimento A

ATIVIDADES
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica
Exec. Escoramento
Exec. Bloco Estrutural (Lado A)
Exec. De Laje (Lado A)
Exec. Bloco Estrutural (Lado B)
Exec. De Laje (Lado B)

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Quadro 3 - Atividades analisadas empreendimento B

ATIVIDADES
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica
Exec. Bloco Estrutural
Exec. Escoramento
Exec. Formas Viga/Laje
Exec. Armação Viga/Laje
Exec. Concretagem Viga/Laje

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Ao comparar as etapas dos empreendimentos, verifica-se um número maior de procedimentos no caso B, por necessitar que os serviços de forma, armação e concretagem sejam realizados in loco. Será explicado posteriormente o quanto essas atividades implicam no andamento e custo da obra.

3.3.1. Custo

A organização em estudo utiliza a metodologia de orçamento de base zero (OBZ). De acordo com Lunkes (2003), o OBZ é um método que rejeita a ideia em que leva em consideração os dados do passado mais um adicional. Esse tipo de orçamento projeta todas as peças como se estivessem sendo compiladas pela primeira vez, ou seja, analisa o custo-benefício de todos os projetos, processos e atividades partindo de uma base zero.

Para realizar o levantamento de insumos e preços para execução das atividades, o autor analisou os dados do OBZ dos empreendimentos e os organizou por meio de uma planilha eletrônica. A planilha contém a discriminação dos serviços dos Quadros 2 e 3 e dos respectivos insumos utilizados para a execução, além dos quantitativos, unidades de medida, preços unitários e totais. Foram separados os custos de materiais e mão-de-obra e, ao final, foi realizada a comparação de todas as etapas e dos custos finais dos dois métodos. Para análise dos custos, foi realizada a divisão dos mesmos pela metragem quadrada de cada pavimento, ou seja, por 570m² e 610m², o que representa as áreas dos pavimentos tipo dos Empreendimentos A e B, respectivamente. Foi realizada essa divisão para igualar os métodos.

Caso exista um trabalho futuro que deseje comparar os resultados com os deste trabalho, deve-se levar em conta que os dados de mão-de-obra e materiais utilizados são de 2018. Apesar dos projetos terem sido orçados no mesmo ano, determinados insumos apresentaram preços distintos de acordo com o OBZ. Porém, para não interferir na análise, o autor igualou os custos dos insumos que pertenciam a ambos os empreendimentos.

3.3.2. Produtividade

Ao entrar em contato com o setor de planejamento da empresa, os mesmos informaram que a organização atua com planejamento nos horizontes de curto, médio e longo prazo. O setor de Planejamento é responsável pelos dois últimos, enquanto o setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP) planeja e controla o primeiro e auxilia no segundo. O planejamento de longo prazo é aquele realizado antes do início de qualquer obra da construtora, onde é elaborado um fluxograma físico-financeiro. Este é denominado de planejamento mestre, em que contempla todas as fases da obra, incluindo cada atividade que será executada, informando seu prazo para execução e o seu custo associado. Ao longo da obra são feitos replanejamentos mensais, os quais podem fazer com que o planejamento mestre sofra ajustes.

Para comparar adequadamente a produtividade para a execução do pavimento tipo dos dois métodos construtivos, foi necessário analisar os períodos planejados durante o processo de planejamento. Os cronogramas foram retirados do planejamento mestre dos empreendimentos, através do software de gerenciamento da empresa. Tal fato não especifica que as atividades foram realizadas exatamente nesses prazos. Baixa produtividade, baixo efetivo e atrasos em entregas de materiais são possíveis causas de não cumprimento dos planos. Porém, visto que não é objetivo deste trabalho analisar esses indicadores, e sim comparar o quanto um método é mais rápido que outro, foram analisadas as datas indicadas no planejamento mestre. Ao comparar o cronograma realmente executado, tal comparação poderia ser imprecisa, visto que a chance de imprevistos no sistema moldado in loco é muito maior.

4. ESTUDO DE CASO

A partir da base de dados fornecida pela empresa foi possível comparar os custos e produtividade dos Empreendimentos A e B. Portanto, neste capítulo serão expostos os resultados da pesquisa, explanando detalhadamente a comparação realizada.

4.1. COMPARATIVO DE CUSTOS DOS INSUMOS

O custo dos insumos apresentados é abrangido pelos materiais e pela mão-de-obra necessária para a execução das atividades citadas anteriormente. Para realizar a análise comparativa dos custos de cada pavimento tipo, foi estudada as etapas separadamente. Os dados analisados estão apresentados nos Apêndices A e B, referentes aos levantamentos de custos dos Empreendimentos A e B, respectivamente.

4.1.1. Execução de Quadros/Distribuição Elétrica

A atividade de execução de quadros/distribuição elétrica corresponde à passagem dos eletrodutos na alvenaria e nas lajes. Em ambos os casos, é utilizado uma empresa terceira para realização do serviço. No empreendimento A, essa etapa não é realizada nas lajes na obra, visto que o procedimento é executado em fábrica, sendo este valor embutido no preço das lajes. As Tabelas 4 e 5 representam os custos dessa fase com materiais e mão-de-obra dos Empreendimentos A e B, respectivamente.

Tabela 4 - Custos com Quadro/Distribuição Elétrica Empreendimento A

PRÉ-FABRICADO		
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	CUSTO	
Materiais	R\$	855,90
Mão-de-obra	R\$	4.300,00
TOTAL	R\$	5.155,90
TOTAL/M²	R\$	9,05

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Tabela 5 - Custos com Quadro/Distribuição Elétrica Empreendimento B

MOLDADO IN LOCO		
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	CUSTO	
Materiais	R\$	2.083,49
Mão-de-obra	R\$	4.402,47
TOTAL	R\$	6.485,96
TOTAL/M²	R\$	10,63

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Ao comparar os dados dessa atividade, é possível verificar que para o Empreendimento B o serviço custa 17,46% a mais que para o Empreendimento A. Isso se deve principalmente a necessidade de uma quantidade maior de materiais, visto que é necessário realizar a passagem dos eletrodutos in loco. No valor da mão-de-obra não existe grande discrepância devido à necessidade de, no Empreendimento A, realizar a emenda entre as lajes, o que necessita de profissionais devidamente qualificados para tal serviço.

4.1.2. Execução de Bloco Estrutural

A atividade corresponde à execução da alvenaria estrutural, a qual desempenha a função de estrutura e vedação. Em ambos os casos, os serviços são executados do mesmo modo. O único diferencial é que no Empreendimento A a mão-de-obra utilizada é própria, enquanto no Empreendimento B é terceirizada. As Tabelas 6 e 7 apresentam os custos dessa etapa.

Tabela 6 - Custos de Execução de Bloco Estrutural Empreendimento A

PRÉ-FABRICADO		
Exec. Bloco Estrutural	CUSTO	
Materiais	R\$	41.631,01
Mão-de-obra	R\$	23.398,46
TOTAL	R\$	65.029,47
TOTAL/M²	R\$	114,09

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Tabela 7 - Custos de Execução de Bloco Estrutural Empreendimento B

MOLDADO IN LOCO		
Exec. Bloco Estrutural		CUSTO
Materiais	R\$	45.470,18
Mão-de-obra	R\$	34.072,91
TOTAL	R\$	79.543,09
TOTAL/M²	R\$	130,40

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Verifica-se que os custos com materiais para ambos os métodos são basicamente os mesmos comparados à metragem quadrada dos pavimentos. Isso se deve a utilização de mesmos materiais para execução da alvenaria. Já ao comparar a mão-de-obra, percebe-se que há um custo maior para o Empreendimento B, acarretando em uma divergência de 14,29% em relação ao custo da atividade do Empreendimento A. O principal fator dessa diferença é que, no caso A, a empresa consegue racionalizar utilizando a mão-de-obra própria. O método de execução foi estrategicamente pensado para permitir aumentar a produtividade com menos trabalhadores.

4.1.3. Execução de Laje

O processo de execução de lajes é o que apresenta maior diferença nos métodos, e o qual apresenta maior relevância nesse trabalho. Os métodos de execução de ambos os empreendimentos para a realização dessa atividade foram explicados na etapa metodológica. Para o Empreendimento A, essa etapa é compreendida pelo posicionamento das lajes e pela execução do escoramento, visto que os demais processos são executados em fábrica. Já para o Empreendimento B, essa etapa abrange os serviços de execução de escoramento, formas, armação e concretagem. Os custos dessa atividade estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Custos de execução de uma laje para o Empreendimento A

PRÉ-FABRICADO		
Exec. De Laje	CUSTO	
Materiais/M²	R\$	114,13
Exec. De Laje:		
<i>Colocação das Lajes</i>	<i>R\$</i>	<i>64.145,72</i>
<i>Exec. Escoramento</i>	<i>R\$</i>	<i>907,46</i>
Mão-de-obra/M²	R\$	4,03
Exec. De Laje:		
<i>Colocação das Lajes</i>	<i>R\$</i>	<i>2.296,16</i>
<i>Exec. Escoramento</i>		-
TOTAL	R\$	67.349,34
TOTAL/M²	R\$	118,16

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Tabela 9 - Custos de execução de uma laje para o Empreendimento B

MOLDADO IN LOCO		
Exec. De Laje	CUSTO	
Materiais/M²	R\$	68,06
Exec. De Laje:		
<i>Exec. Escoramento</i>	<i>R\$</i>	<i>5.303,29</i>
<i>Exec. Formas Laje</i>	<i>R\$</i>	<i>4.364,63</i>
<i>Exec. Armação Laje</i>	<i>R\$</i>	<i>12.510,00</i>
<i>Exec. Concretagem Laje</i>	<i>R\$</i>	<i>19.336,33</i>
Mão-de-obra/M²	R\$	74,33
Exec. De Laje:		
<i>Exec. Formas Laje e Escoramento</i>	<i>R\$</i>	<i>30.888,58</i>
<i>Exec. Armação Laje</i>	<i>R\$</i>	<i>4.130,01</i>
<i>Exec. Concretagem Laje</i>	<i>R\$</i>	<i>10.323,45</i>
TOTAL	R\$	86.856,29
TOTAL/M²	R\$	142,39

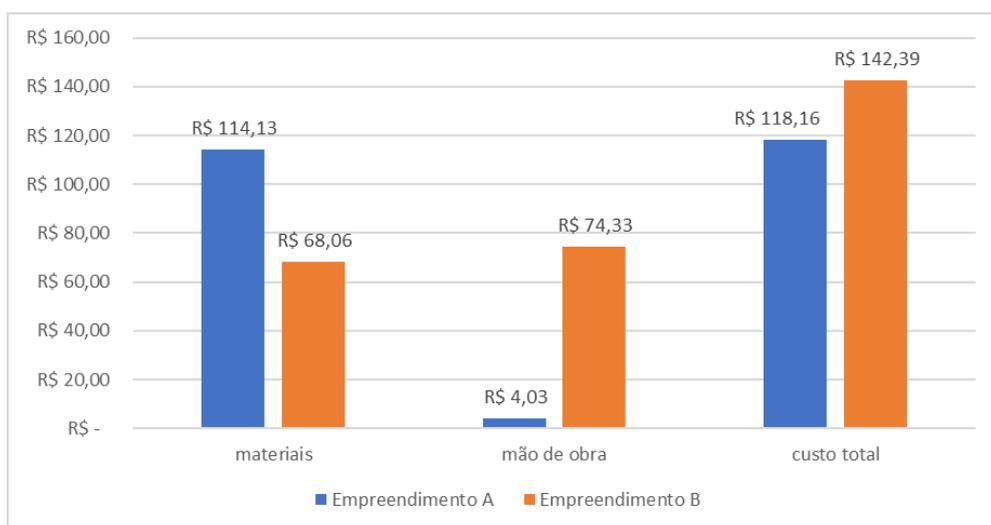
Fonte: produção do próprio autor (2021).

As lajes pré-fabricadas são compradas pelo Empreendimento A da central de pré-fabricação da empresa. No preço dos elementos está incluso todas as etapas de execução, o que inclui materiais e mão-de-obra em fábrica, e serviços de frete. Ao comparar o custo de materiais, verifica-se que esse insumo é 67,66% superior no Empreendimento A em relação ao Empreendimento B. Isso pode se justificar pelo fato de as lajes serem executadas em fábrica, portanto, há a necessidade de um elevado investimento em tecnologia, formas e controle tecnológico, conforme citado por El Debs (2017).

O principal diferencial nessa etapa é em relação a mão-de-obra (Figura 17). O custo para esse insumo é 1744,42% maior no Empreendimento B em relação ao A. Isso acontece, pois, o uso do pré-fabricado permite uma alta velocidade de execução, como visto na fundamentação teórica desse trabalho, o que diminui consideravelmente o gasto com funcionários. O custo com mão-de-obra para a confecção de lajes pré-fabricadas representa apenas 3,41% do custo total, enquanto para os elementos moldados in loco esse valor é de 52,20%. De acordo com o estudo de Barbisan, Bellei e Paz (2017), o custo com mão-de-obra em lajes de concreto armado moldado in loco representa 45,23% do custo total do elemento. Já o estudo de Gontijo e Vieira (2020) revela que o custo de mão-de-obra em elementos pré-fabricados representa 9,52% do custo total.

Outro custo possível de se comparar é o dos escoramentos. Os valores com mão-de-obra para o escoramento, no Empreendimento A, estão inclusos na execução de lajes, por esse motivo não há valor na Tabela 8. Já para o Empreendimento B, esse custo está incluso na execução de formas, assim, o mesmo não está especificado na Tabela 9. O escoramento é alugado para a execução de uma torre completa dos Empreendimentos A e B. Portanto, como a análise realizada foi de apenas um pavimento tipo de cada empreendimento, os custos dessa etapa foram divididos pelo número de andares de cada torre. Visto que no Empreendimento B usa-se 308,39% mais escoras do que no caso A, o custo também é maior, sendo este de 484,41%.

Figura 17 - Custos de execução de lajes por metro quadrado de pavimento



Fonte: produção do próprio autor (2021).

Ao analisar os custos totais (Figura 17), tem-se que a utilização de lajes moldadas in loco é 20,51% mais cara do que o uso de elementos pré-fabricados. Com o processo industrializado elimina-se o principal gasto da confecção das lajes, que é a mão-de-obra para execução de formas e escoramento. Nesse trabalho, verifica-se que essa etapa é responsável por 35,56% do custo total da laje no Empreendimento B. Caso a obra B utilizasse lajes pré-fabricadas, seria possível economizar cerca de R\$184.750,00 por torre. No estudo de Junior (2020), onde o mesmo também comparou a utilização de elementos executados em fábrica com os moldados em obra, o valor foi cerca de 50% maior no confeccionado no canteiro, sendo que o serviço de formas representou 58,64% do custo total da laje.

4.1.4. Custos totais dos pavimentos tipo

Os custos totais dos pavimentos tipo compreendem a soma de todas as atividades analisadas anteriormente. As Tabelas 10 e 11 representam um resumo dos custos totais dos Empreendimentos A e B, respectivamente. A Figura 18 representa graficamente a diferença entre os métodos.

Tabela 10 - Custos totais do Empreendimento A

PRÉ-FABRICADO		
ATIVIDADE	CUSTO TOTAL	
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	R\$	5.155,90
Exec. Bloco Estrutural	R\$	65.029,47
Exec. De Laje:	R\$	67.349,34
<i>Colocação das Lajes</i>	<i>R\$</i>	<i>66.441,88</i>
<i>Exec. Escoramento</i>	<i>R\$</i>	<i>907,46</i>
TOTAL	R\$	137.534,71
TOTAL/M²	R\$	241,29

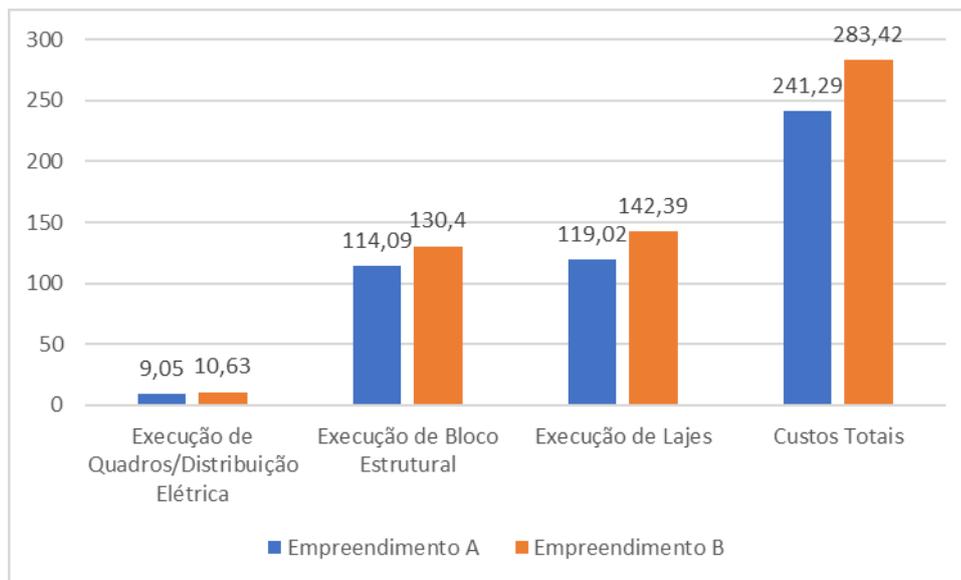
Fonte: produção do próprio autor (2021).

Tabela 11 - Custos totais do Empreendimento B

MOLDADO IN LOCO	
ATIVIDADE	CUSTO TOTAL
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	R\$ 6.485,96
Exec. Bloco Estrutural	R\$ 79.543,09
Exec. De Laje:	R\$ 86.856,29
<i>Exec. Escoramento</i>	<i>R\$ 5.303,29</i>
<i>Exec. Formas Laje</i>	<i>R\$ 35.253,21</i>
<i>Exec. Armação Laje</i>	<i>R\$ 16.640,01</i>
<i>Exec. Concretagem Laje</i>	<i>R\$ 29.659,78</i>
TOTAL	R\$ 172.885,34
TOTAL/M²	R\$ 283,42

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Figura 18 - Comparação dos custos dos Empreendimento A e B



Fonte: produção do próprio autor (2021).

Verifica-se que para a execução de um pavimento tipo, o custo do Empreendimento A é 14,56% mais barato do que o do Empreendimento B. Na Figura 18 é possível identificar que as atividades de bloco estrutural e lajes são as que mais interferem nos custos dos empreendimentos, as quais geram uma diferença de R\$41,26/m² entre os métodos.

4.2. ANÁLISE DAS PRODUTIVIDADES

Para realizar a análise das produtividades dos empreendimentos, foi utilizado os dados de início e fim das atividades da base de dados da empresa, de acordo com o planejamento mestre. As Tabelas 12 e 13 informam essas datas, as quais foram retiradas dos pavimentos analisados dos Empreendimentos A e B, respectivamente.

Tabela 12 - Datas de início e fim das atividades do Empreendimento A

PRÉ-FABRICADO			
ATIVIDADE	DATA INÍCIO	DATA FIM	DIAS ÚTEIS
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	24/06/2020	01/07/2020	6
Exec. Bloco Estrutural (Lado A)	24/06/2020	30/06/2020	5
Exec. De Laje (Lado A)	29/06/2020	29/06/2020	1
Exec. Bloco Estrutural (Lado B)	24/06/2020	30/06/2020	5
Exec. De Laje (Lado B)	01/07/2020	01/07/2020	1

Fonte: produção do próprio autor (2021).

Tabela 13 - Datas de início e fim das atividades do Empreendimento B

MOLDADO IN LOCO			
ATIVIDADE	DATA INÍCIO	DATA FIM	DIAS ÚTEIS
Exec. Quadros/Distribuição Elétrica	20/05/2020	01/06/2020	9
Exec. Bloco Estrutural	20/05/2020	26/05/2020	5
Exec. Formas Viga/Laje	27/05/2020	01/06/2020	4
Exec. Armação Viga/Laje	27/05/2020	02/06/2020	5
Exec. Concretagem Viga/Laje	03/06/2020	03/06/2020	1

Fonte: produção do próprio autor (2021).

As datas apresentadas são aquelas em que a empresa define como tempo ideal de execução, as quais são informadas no planejamento mestre. Os tempos de execução de cada atividade podem ser analisados na coluna “Dias Úteis” das Tabela 12 e 13.

4.2.1. Execução de Bloco Estrutural

No Empreendimento A, a execução da alvenaria estrutural inicia do Lado A da torre. São necessários dois dias e meio de serviço para finalização dessa etapa. É possível atingir esse prazo pois a empresa desenvolveu um plano estratégico para otimizar os serviços, além de que em todos os empreendimentos executados em alvenaria estrutural o plano de ação para execução é o mesmo, portanto as equipes de mão-de-obra própria estão habituadas a realizar o

serviço dessa maneira. Como visto na etapa metodológica desse trabalho, a mão-de-obra é composta por 1 encarregado, 8 assentadores de bloco, 10 serventes, 3 meio-oficiais e 2 sinaleiros. Nessa etapa os 3 meio-oficiais não participam, pois estes são responsáveis pela execução dos serviços internos, como impermeabilização de banheiros e colocação de janelas. Ao finalizar o Lado A, inicia-se o Lado B da torre, onde se vão mais dois dias e meio de serviço. Portanto, para execução da alvenaria do pavimento inteiro, decorrem 5 dias de serviço.

Para o Empreendimento B o prazo definido pela empresa é o mesmo. Porém, existe uma grande dificuldade de atingir as metas, devido a mão-de-obra ser terceirizada e não haver um plano de ação definido para execução da alvenaria, visto que em muitos casos é a primeira vez que a empresa contratada está fornecendo este tipo de serviço para a organização. Mas como dito anteriormente, esses possíveis desvios de prazos não serão analisados. Portanto, o prazo de execução também é de 5 dias. Assim é possível identificar que a execução da alvenaria estrutural não tem influência sobre o prazo de execução do pavimento.

4.2.2. Execução de Laje

No Empreendimento A, o fato das lajes serem pré-fabricadas traz grande produtividade ao processo. Ao finalizar a alvenaria do Lado A da torre, inicia-se o processo de posicionamento das lajes. Como visto na etapa metodológica, em um dia de serviço é possível posicionar as lajes de metade do pavimento, com o auxílio do encarregado, 1 meio-oficial, 2 serventes e 2 sinaleiros. Portanto, para execução das lajes do pavimento são necessários 2 dias de serviço.

Para o Empreendimento B, a necessidade de execução das formas e armação in loco trazem demora a execução das lajes. Pelo planejamento mestre é possível identificar que são necessários 4 dias para execução dessas atividades, e mais um dia para realizar a concretagem do pavimento. Portanto, são necessários 6 dias para finalizar todas as lajes do andar. Isso acaba acarretando em uma redução de 66% no prazo de execução ao comparar os empreendimentos. Caso as lajes do Empreendimento B fossem pré-fabricadas, seria possível reduzir em 37 dias úteis o prazo de execução de uma torre. Considerando as duas torres, são mais de três meses de redução de serviço. O resultado apresentado é próximo ao encontrado no estudo de Camarço e Sousa (2019), o qual apresentou redução de 50% ao utilizar o sistema pré-fabricado.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados do estudo de caso, percebe-se que o Empreendimento A se demonstrou com um custo-benefício melhor do que o Empreendimento B. Além de ser mais rápido de executar, também apresentou menor custo.

Em relação a produtividade, o principal fator de redução do prazo de execução do Empreendimento A é que as etapas de formas, escoramento, armação e concretagem são executadas em fábrica. A realização dessas etapas in loco levou o Empreendimento B ser 200% mais lento do que o caso A.

Em relação aos custos, a demora de execução do Empreendimento B gera um gasto com mão-de-obra cerca de 1744,42% maior comparado ao Empreendimento A. Além disso, o fato do Empreendimento A utilizar mão-de-obra própria na execução da alvenaria estrutural e haver procedimentos que foram estudados com o intuito de otimizar o serviço, gera uma economia de 14,29% nessa atividade em relação ao Empreendimento B. Os procedimentos de execução de lajes e blocos estruturais juntos, permitem ao Empreendimento A uma redução de R\$41,26/m² em relação ao caso B, totalizando em uma economia de 14,86%.

Um fator que possui grande impacto nos custos das lajes é que os elementos são fabricados na central de produção da própria empresa. A organização estabeleceu classes de produtos padrões, com plantas de pavimentos que apresentam formatos e tamanhos iguais. Tal fato permite que as lajes que são utilizadas no Empreendimento A sejam compatíveis com lajes de outros empreendimentos da construtora. Isso gera uma redução de gastos com formas, visto que não é necessário comprar especificamente para cada empreendimento. Caso as lajes fossem adquiridas de uma empresa terceira, o valor dos elementos poderia ser ainda maior do que o apresentado nesse trabalho, pelo fato de necessitar de formas específicas para a obra. Essa questão pode ser analisada no estudo de Anzolin e Bevilacqua (2019), onde a solução de lajes pré-fabricadas apresentou um custo 56,51% maior em comparação ao moldado in loco.

Cabe ainda ressaltar que a concepção do projeto tem fundamental importância para redução dos custos e aumento da produtividade nos elementos pré-fabricados. A construção deve ser projetada, desde sua fase inicial, já prevendo a aplicação do concreto pré-fabricado para que futuramente não exista inconsistências de montagem que afetem na produção e que impliquem nos custos do empreendimento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada**. Distrito Federal: ABDI, 2015.
- ANZOLIN, S.; BEVILACQUA, T. **Estudo de caso: Uma análise técnica x financeira entre estruturas pré-fabricadas e executadas in loco em concreto armado**. 2019. 105p. TCC (Graduação) - Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO. Intensifica a relação do pré-fabricado de concreto com a arquitetura. **Anuário ABCIC, ano 2016**, p. 61-71, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**. Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997.
- BARBISAN, A. I.; BELLEI, P.; DA PAZ, R. S. **Comparativo de custos entre estruturas de aço e concreto armado em Xanxerê – SC**. 2017. 22f. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, UCEFF, Chapecó, 2017.
- BASTOS P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Universidade Estadual Paulista, Bauru. São Paulo. 2006. 92p. (Apostila)
- BASTOS P. S. S. **Lajes de concreto armado**. Universidade Estadual Paulista, Bauru. São Paulo. 2021. 113p. (Apostila).
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. Volume.1. 5ª edição. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2009.
- CAMARÇO, K. C. M.; SOUSA, G. J. V. **Estudo comparativo entre estruturas de concreto pré-fabricados com estruturas moldadas in loco**. 2019. 67f. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, Unievangélica, Anápolis, 2019.
- CHASTRE, C.; LÚCIO, V. **Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicações e comportamento estrutural**. São Paulo: Parma, 2012.
- CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2ª edição. Brasília: Editora Unb, 2008.
- DE MILITO, J. A. **Técnicas de Construção Civil e Construção de Edifícios**. 2004. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).
- EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.
- FRANCO, L. S. O uso de pré-moldados em alvenaria estrutural. **Revista Concreto & Construções**, ed. 72, p. 46-52, 2013.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. 2001. 325p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

GONÇALVES, D. T. R. **Planejamento da execução de estruturas em concreto armado para edifícios: estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais**. 2009. 231 p. Monografia (Pós-graduação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONTIJO, L. S.; VIEIRA, L. F. O. **A utilização de elementos pré-moldados de concreto armado em obras de construções civis**. 2020. 9f. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, PUC Goiás, Goiânia, 2020.

JUNIOR, P. R. M. M. **Estudo comparativo em obra de edificações: estrutura de concreto armado em pré-fabricado e a convencional executada no canteiro**. 2020. 59 p. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

LINNER, T.; BOCK, T. **Evolution of large-scale industrialization and service innovation in Japanese prefabrication industry**. *Construction Innovation*, v. 12, n. 2, p. 156-178, 2012.

LUNKES, R. J. **Contribuição à melhoria do processo orçamentário empresarial**. 2003. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Pini, 2006.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto**. São Paulo: Pini, 2004.

ORDONEZ, J.A.F. **Pré-fabricación: teoría y práctica**. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1974.

PINTO, J. C. C. C. **Análise comparativa da execução de obra de edificação utilizando estrutura de concreto pré-fabricada**. 2016. 119 p. TCC (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, A. L. **Diagnóstico ambiental da gestão e destinação dos resíduos de construção e demolição (RCC): análise das construtoras associadas ao Sinduscon/RN e empresas coletoras atuantes no município de Parnamirim - RN**. 2009. 107 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. *In: I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO*, 2005, São Carlos. Anais [...] São Carlos: SET/EESC/USP, 2005. Disponível em:
<http://www.set.eesc.usp.br/1enppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf> Acesso em: 15 jun. 2021.

VASCONCELLOS, A. C. **O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** São Paulo: Studio Nobel, 2002.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar.** 2ª edição. São Paulo: Pini, 1999

APÊNDICE A

Levantamento de custos Empreendimento A

Exec. Quadros/Distribuição Elétrica				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
CAIXINHA 4X2 POL EMB PVC RED ALVENARIA	UN	295.000	R\$ 1,20	R\$ 354,00
QUADRO ELET PVC EMB P/CIRC 12 DISJ C/BAR	UN	8.000	R\$ 41,94	R\$ 335,52
LUVA PRESSAO PVC P/ELETR 3/4POL AM REF	UN	8.000	R\$ 0,34	R\$ 2,72
LUVA PRESSAO PVC P/ELETR 1POL AM REF	UN	8.000	R\$ 0,55	R\$ 4,40
ELETRODUTO PVC CORRUG SIMPL 1POL	M	37.000	R\$ 0,97	R\$ 35,89
ELETRODUTO PVC CORRUG SIMPL 3/4POL	M	109.362	R\$ 0,72	R\$ 78,74
ELETRODUTO PVC CORRUG SIMPL 1POL	M	46.006	R\$ 0,97	R\$ 44,63
			TOTAL MATERIAIS	R\$ 855,90
MÃO DE OBRA				
MO EXEC PASSAGEM ELETRODUTO	UN	8	R\$ 500,00	R\$ 4.000,00
MO EXEC PASSAGEM ELETRODUTO	UN	1	R\$ 300,00	R\$ 300,00
			TOTAL MÃO-DE-OBRA	R\$ 4.300,00
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 5.155,90
Exec. Escoramento (Para toda a torre)				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
COMPENSADO PLAST 1,22X2,44M 18MM	UN	3.000	R\$ 68,74	R\$ 206,22
SRV LOC ESCORAMENTO P/TORRE CONF PROJ	UN	1.000	R\$ 5.560,88	R\$ 5.560,88
FRETE ESCORAMENTO OBRA INDUS	UN	2	R\$ 1.200,00	R\$ 2.400,00
			TOTAL MATERIAIS	R\$ 8.167,10
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 8.167,10
Exec. Bloco Estrutural (Lado A)				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	48	R\$ 0,48	R\$ 23,04
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	215	R\$ 0,48	R\$ 103,20
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	126,06	R\$ 0,48	R\$ 60,51
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	126,06	R\$ 0,48	R\$ 60,51
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X39CM F	UN	2.000	R\$ 46,93	R\$ 93,86
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X39CM	UN	8.000	R\$ 46,93	R\$ 375,44
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X14CM	UN	2.000	R\$ 34,50	R\$ 69,00
VIGA CONCRETO PREMOLDADO CPL V501	UN	1.000	R\$ 166,12	R\$ 166,12
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VE1	UN	12.000	R\$ 45,52	R\$ 546,24
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VE2	UN	2.000	R\$ 47,11	R\$ 94,22
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VE3	UN	4.000	R\$ 44,99	R\$ 179,96
ARRUELA LISA RED ALUM 5/16POL	UN	319.000	R\$ 0,05	R\$ 15,95
TELA SOLD ACO 1,65MM 15X15X75MM BLOCOS	UN	334.950	R\$ 1,34	R\$ 448,83
BLOCO CER COMP 14X09X29CM 14MPA	UN	55.000	R\$ 1,15	R\$ 63,25
CANALETA CER. J 14X19X29X29CM	UN	52.000	R\$ 1,88	R\$ 97,76
BLOCO CER CAN U 14X19X29CM 06MPA	UN	60.000	R\$ 1,60	R\$ 96,00
BLOCO CER COMP 14X19X04CM 06MPA	UN	50.000	R\$ 0,78	R\$ 39,00
BLOCO CER AMARR 14X19X44CM 14MPA	UN	26.000	R\$ 3,99	R\$ 103,74
BLOCO CER INT 14X19X29CM 14MPA	UN	1.024.000	R\$ 2,47	R\$ 2.529,28
BLOCO CER MEIO 14X19X14CM 14MPA	UN	31.000	R\$ 1,50	R\$ 46,50
BLOCO CONC EST CAN J 14X19X29X19CM 10MPA	UN	259.000	R\$ 2,00	R\$ 518,00
BLOCO CONC EST MEIA CAN 14X19X19CM 10MPA	UN	37.000	R\$ 1,53	R\$ 56,61
BLOCO CONC EST CAN U 14X19X39CM 10MPA	UN	337.000	R\$ 2,67	R\$ 899,79
BLOCO CONC EST COMP 14X09X39CM 10MPA	UN	34.000	R\$ 1,96	R\$ 66,64
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X54CM 10MPA	UN	171.000	R\$ 3,85	R\$ 658,35
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ9	UN	1.000	R\$ 41,51	R\$ 41,51
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ8	UN	8.000	R\$ 54,95	R\$ 439,60
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ7	UN	12.000	R\$ 57,78	R\$ 693,36
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ4	UN	8.000	R\$ 51,17	R\$ 409,36
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ3	UN	4.000	R\$ 45,55	R\$ 182,20
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ2	UN	7.000	R\$ 46,66	R\$ 326,62
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X39CM 10MPA	UN	3.814.000	R\$ 2,38	R\$ 9.077,32
BLOCO CONC EST MEIO 14X19X19CM 10MPA	UN	501.000	R\$ 1,50	R\$ 751,50
BLOCO CONC EST COMP 14X09X19CM 10MPA	UN	182.000	R\$ 1,07	R\$ 194,74
BLOCO CONC EST COMP 14X04X19CM 10MPA	UN	257.000	R\$ 0,81	R\$ 208,17
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X34CM 10MPA	UN	459.000	R\$ 2,35	R\$ 1.078,65
PARAFUSO ACO ZB SEXT RMT 3/1	UN	175.000	R\$ 0,14	R\$ 24,50
VERGALHAO ACO CA-50 12,5MM	KG	220	R\$ 3,38	R\$ 743,60
VERGALHAO ACO CA-50 8MM	KG	50	R\$ 3,72	R\$ 186,00
ADITIVO PLASTIFICANTE P/CONCRETO	KG	4.430	R\$ 9,43	R\$ 41,77
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	725.170	R\$ 0,37	R\$ 268,31
BRITA PEDRISCO 1,2-9,75MM A GRANEL	M3	0,490	R\$ 52,15	R\$ 25,55
AREIA LAVADA MEDIA	M3	0,500	R\$ 59,97	R\$ 29,99
ARGAMASSA PRONTA AREIA E CAL BOMBEAVEL	M3	0,820	R\$ 105,00	R\$ 86,10

CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	736,970	R\$	0,37	R\$	272,68
ARGAMASSA PRONTA AREIA E CAL BOMBEAVEL	M3	4,620	R\$	105,00	R\$	485,10
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	3.109,930	R\$	0,37	R\$	1.150,67
BUCHA P/FIX NYLON 8MM	UN	319,000	R\$	0,13	R\$	41,47
					TOTAL	R\$ 24.170,58
MÃO DE OBRA						
MOP EQUIPE ALVENARIA I (06SER/08BL/01EO)	D	2,5	R\$	3.765,08	R\$	9.412,70
MOP EQUIPE SERVENTE III (04 SER)	D	2,5	R\$	549,99	R\$	1.374,98
MOP EQUIPE APOIO IV (02SN)	D	2,5	R\$	364,62	R\$	911,55
					TOTAL	R\$ 11.699,23
					TOTAL ATIVIDADE	R\$ 35.869,80
Exec. De Laje (Lado A)						
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSARIA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL		
MATERIAIS						
ESCADA CONCRETO PREMOLDADO CPL 3	UN	1,000	R\$	619,04	R\$	619,04
ESCADA CONCRETO PREMOLDADO CPL 2	UN	1,000	R\$	709,40	R\$	709,40
ESCADA CONCRETO PREMOLDADO CPL 1	UN	2,000	R\$	725,58	R\$	1.451,16
LAJE CONCRETO CPL L325A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	883,28	R\$	883,28
LAJE CONCRETO CPL L325 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	893,90	R\$	893,90
LAJE CONCRETO CPL L324A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	1.035,28	R\$	1.035,28
LAJE CONCRETO CPL L324 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	1.036,79	R\$	1.036,79
LAJE CONCRETO CPL L323A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	973,67	R\$	973,67
LAJE CONCRETO CPL L316 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	697,25	R\$	697,25
LAJE CONCRETO CPL L315 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	700,96	R\$	700,96
LAJE CONCRETO CPL L314 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	663,82	R\$	663,82
LAJE CONCRETO CPL L313A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	868,92	R\$	868,92
LAJE CONCRETO CPL L313 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	869,07	R\$	869,07
LAJE CONCRETO CPL L312A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	965,54	R\$	965,54
LAJE CONCRETO CPL L312 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	963,91	R\$	963,91
LAJE CONCRETO CPL L311A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	825,36	R\$	825,36
LAJE CONCRETO CPL L311 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	828,71	R\$	828,71
LAJE CONCRETO CPL L310A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	923,79	R\$	923,79
LAJE CONCRETO CPL L310 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	925,10	R\$	925,10
LAJE CONCRETO CPL L309A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	976,57	R\$	976,57
LAJE CONCRETO CPL L309 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	975,10	R\$	975,10
LAJE CONCRETO CPL L308A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	878,52	R\$	878,52
LAJE CONCRETO CPL L308 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	884,84	R\$	884,84
LAJE CONCRETO CPL L305A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	725,94	R\$	725,94
PARAFUSO ACO ZB SEXT RST 16X110MM	UN	4,000	R\$	4,40	R\$	17,60
ARRUELA LISA RED ACO 3/4POL	UN	4,000	R\$	0,32	R\$	1,28
LAJE CONCRETO CPL L301 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	861,97	R\$	861,97
LAJE CONCRETO CPL L301A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	854,15	R\$	854,15
LAJE CONCRETO CPL L302 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	842,42	R\$	842,42
LAJE CONCRETO CPL L302A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	827,11	R\$	827,11
LAJE CONCRETO CPL L303 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	736,13	R\$	736,13
LAJE CONCRETO CPL L303A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	750,86	R\$	750,86
LAJE CONCRETO CPL L304 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	874,28	R\$	874,28
LAJE CONCRETO CPL L304A TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	875,71	R\$	875,71
LAJE CONCRETO CPL L305 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	689,49	R\$	689,49
LAJE CONCRETO CPL L323 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	963,21	R\$	963,21
LAJE CONCRETO CPL L322 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	773,79	R\$	773,79
LAJE CONCRETO CPL L321 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	840,37	R\$	840,37
LAJE CONCRETO CPL L317 TERREO/TIPO	UN	1,000	R\$	704,81	R\$	704,81
MURETA CONCRETO PREMOLDADO CPL 1	UN	2,000	R\$	206,42	R\$	412,84
MURETA CONCRETO PREMOLDADO CPL 2	UN	2,000	R\$	163,92	R\$	327,84
CONSOLE CONCRETO PREMOLDADO CPL 1	UN	7,000	R\$	48,56	R\$	339,92
CONSOLE CONCRETO PREMOLDADO CPL 2	UN	7,000	R\$	49,45	R\$	346,15
CONSOLE CONCRETO PREMOLDADO CPL 3	UN	7,000	R\$	51,57	R\$	360,99
CONSOLE CONCRETO PREMOLDADO CPL 4	UN	4,000	R\$	47,03	R\$	188,12
VERGALHAO ACO CA-50 10MM	KG	290	R\$	3,55	R\$	1.029,50
AREIA LAVADA MEDIA	M3	1,373	R\$	48,00	R\$	65,90
BRITA PEDRISCO 1,2-9,75MM A GRANEL	M3	1,350	R\$	52,15	R\$	70,40
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	2.000,460	R\$	0,37	R\$	740,17
					TOTAL	R\$ 35.770,94
MÃO DE OBRA						
MOP EQUIPE APOIO IV (01AUX/01SER)	D	1	R\$	327,94	R\$	327,94
MOP EQUIPE LIDER I (01EO)	D	1	R\$	290,89	R\$	290,89
MOP EQUIPE APOIO VI (02SN)	D	1	R\$	364,62	R\$	364,62
MOP EQUIPE SERVENTE I (01SER)	D	1	R\$	164,63	R\$	164,63
					TOTAL	R\$ 1.148,08
					TOTAL ATIVIDADE	R\$ 36.919,02

Exec. Bloco Estrutural (Lado B)				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	126,06	R\$ 0,48	R\$ 60,51
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	126,06	R\$ 0,48	R\$ 60,51
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	176	R\$ 0,48	R\$ 84,48
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	40	R\$ 0,48	R\$ 19,20
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ8	UN	8	R\$ 54,95	R\$ 439,60
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ7	UN	12	R\$ 57,78	R\$ 693,36
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ4	UN	8	R\$ 51,17	R\$ 409,36
ARRUELA LISA RED ALUM 5/16POL	UN	261	R\$ 0,05	R\$ 13,05
BUCHA P/FIX NYLON 8MM	UN	30	R\$ 0,13	R\$ 3,90
TELA SOLD ACO 1,65MM 15X15X75MM BLOCOS	UN	274,05	R\$ 1,34	R\$ 367,23
BLOCO CONC EST CAN J 14X19X29X19CM 10MPA	UN	212	R\$ 2,00	R\$ 424,00
BLOCO CONC EST MEIA CAN 14X19X19CM 10MPA	UN	30	R\$ 1,53	R\$ 45,90
BLOCO CONC EST CAN U 14X19X39CM 10MPA	UN	275	R\$ 2,67	R\$ 734,25
BLOCO CONC EST COMP 14X09X39CM 10MPA	UN	28	R\$ 1,96	R\$ 54,88
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X54CM 10MPA	UN	140	R\$ 3,85	R\$ 539,00
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X34CM 10MPA	UN	376	R\$ 2,35	R\$ 883,60
BLOCO CONC EST COMP 14X04X19CM 10MPA	UN	210	R\$ 0,81	R\$ 170,10
BLOCO CONC EST COMP 14X09X19CM 10MPA	UN	149	R\$ 1,07	R\$ 159,43
BLOCO CONC EST MEIO 14X19X19CM 10MPA	UN	410	R\$ 1,50	R\$ 615,00
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X39CM 10MPA	UN	3120	R\$ 2,38	R\$ 7.425,60
CLIP LEVE P/CABO ACO GALV 3/8POL	UN	93	R\$ 1,08	R\$ 100,44
VERGALHAO ACO CA-25 8MM	KG	20	R\$ 3,72	R\$ 74,40
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X39CM	UN	8	R\$ 46,93	R\$ 375,44
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X39CM F	UN	2	R\$ 46,93	R\$ 93,86
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X14CM	UN	2	R\$ 34,50	R\$ 69,00
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VE1	UN	12	R\$ 45,52	R\$ 546,24
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VE3	UN	4	R\$ 44,99	R\$ 179,96
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ2	UN	4	R\$ 46,66	R\$ 186,64
VERGA CONCRETO PREMOLDADO CPL VJ3	UN	4	R\$ 45,55	R\$ 182,20
PARAFUSO ACO ZB SEXT RMT 3/1	UN	175	R\$ 0,14	R\$ 24,50
VERGALHAO ACO CA-50 12,5MM	KG	180	R\$ 3,38	R\$ 608,40
VERGALHAO ACO CA-50 8MM	KG	40	R\$ 3,72	R\$ 148,80
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	2544,48	R\$ 0,37	R\$ 941,46
ARGAMASSA PRONTA AREIA E CAL BOMBEAVEL	M3	3,78	R\$ 105,00	R\$ 396,90
AREIA LAVADA MEDIA	M3	0,41	R\$ 59,97	R\$ 24,59
BRITA PEDRISCO 1,2-9,75MM A GRANEL	M3	0,4	R\$ 52,15	R\$ 20,86
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	593,32	R\$ 0,37	R\$ 219,53
ADITIVO PLASTIFICANTE P/CONCRETO	KG	3,63	R\$ 9,43	R\$ 34,23
BUCHA P/FIX NYLON 8MM	UN	231	R\$ 0,13	R\$ 30,03
			TOTAL	R\$ 17.460,43
MÃO DE OBRA				
MOP EQUIPE ALVENARIA I (06SER/08BL/01EO)	D	2,5	R\$ 3.765,08	R\$ 9.412,70
MOP EQUIPE SERVENTE III (04 SER)	D	2,5	R\$ 549,99	R\$ 1.374,98
MOP EQUIPE APOIO VI (02SN)	D	2,5	R\$ 364,62	R\$ 911,55
			TOTAL	R\$ 11.699,23
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 29.159,65
Exec. De Laje (Lado B)				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
LAJE CONCRETO CPL L312A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 965,54	R\$ 965,54
LAJE CONCRETO CPL L312 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 963,91	R\$ 963,91
LAJE CONCRETO CPL L311A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 825,36	R\$ 825,36
LAJE CONCRETO CPL L313 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 869,07	R\$ 869,07
LAJE CONCRETO CPL L313A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 868,92	R\$ 868,92
LAJE CONCRETO CPL L315 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 700,96	R\$ 700,96
LAJE CONCRETO CPL L316 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 697,25	R\$ 697,25
LAJE CONCRETO CPL L317 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 704,81	R\$ 704,81
LAJE CONCRETO CPL L323 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 963,21	R\$ 963,21
LAJE CONCRETO CPL L323A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 973,67	R\$ 973,67
LAJE CONCRETO CPL L324 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 1.036,79	R\$ 1.036,79
LAJE CONCRETO CPL L324A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 1.035,28	R\$ 1.035,28
LAJE CONCRETO CPL L325 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 893,90	R\$ 893,90
LAJE CONCRETO CPL L311 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 828,71	R\$ 828,71
LAJE CONCRETO CPL L310A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 923,79	R\$ 923,79
LAJE CONCRETO CPL L310 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 925,10	R\$ 925,10
LAJE CONCRETO CPL L309A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 976,57	R\$ 976,57
LAJE CONCRETO CPL L309 TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 975,10	R\$ 975,10
LAJE CONCRETO CPL L308A TERREO/TIPO	UN	1	R\$ 878,52	R\$ 878,52

LAJE CONCRETO CPL L308 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	884,84	R\$	884,84
LAJE CONCRETO CPL L305A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	725,94	R\$	725,94
LAJE CONCRETO CPL L305 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	689,49	R\$	689,49
LAJE CONCRETO CPL L304A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	875,71	R\$	875,71
LAJE CONCRETO CPL L304 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	874,28	R\$	874,28
LAJE CONCRETO CPL L303A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	750,86	R\$	750,86
LAJE CONCRETO CPL L303 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	736,13	R\$	736,13
LAJE CONCRETO CPL L302A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	827,11	R\$	827,11
LAJE CONCRETO CPL L302 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	842,42	R\$	842,42
LAJE CONCRETO CPL L301A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	854,15	R\$	854,15
LAJE CONCRETO CPL L301 TERREO/TIPO	UN	1	R\$	861,97	R\$	861,97
LAJE CONCRETO CPL L325A TERREO/TIPO	UN	1	R\$	883,28	R\$	883,28
VERGALHAO ACO CA-50 10MM	KG	238	R\$	3,55	R\$	844,90
CIMENTO PORTLAND CPII-Z-32 SC 50KG	KG	1636,74	R\$	0,37	R\$	605,59
BRITA PEDRISCO 1.2-9,75MM A GRANEL	M3	1,11	R\$	52,15	R\$	57,89
AREIA LAVADA MEDIA	M3	1,12	R\$	48,00	R\$	53,76
				TOTAL	R\$	28.374,78
MÃO DE OBRA						
MOP EQUIPE APOIO IV (01AUX/01SER)	D	1	R\$	327,94	R\$	327,94
MOP EQUIPE LIDER I (01EO)	D	1	R\$	290,89	R\$	290,89
MOP EQUIPE APOIO VI (02SN)	D	1	R\$	364,62	R\$	364,62
MOP EQUIPE SERVENTE I (01SER)	D	1	R\$	164,63	R\$	164,63
				TOTAL	R\$	1.148,08
				TOTAL ATIVIDADE	R\$	29.522,86
				CUSTOS EMPREENDIMENTO A	R\$	137.534,69

APÊNDICE B

Levantamento de custos Empreendimento A

Exec. Quadros/Distribuição Elétrica				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSARIA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
CADINHA 4X2 POL EMB PVC RED ALVENARIA	UN	230	R\$	1,20 R\$ 276,00
ELETRODUTO PVC RIGIDO 1 1/4"	M	31,85	R\$	3,90 R\$ 124,22
ELETRODUTO PEAD CORRUG SIMPL 1 1/2POL	M	14,96	R\$	1,42 R\$ 20,68
ELETRODUTO PVC CORRUG REFOR 1POL	M	68,79	R\$	1,30 R\$ 89,43
ELETRODUTO PVC CORRUG REFOR 3/4POL	M	908,02	R\$	0,98 R\$ 889,86
CADINHA 4X4 POL EMB PVC OCTO PFS LAJE	UN	89	R\$	3,02 R\$ 268,78
CAIXA PASS ACO EMB P/ELET 400X400X12MM	UN	1	R\$	79,00 R\$ 79,00
QUADRO ELET PVC EMB P/CIRC 12 DISJ C/BAR	UN	8	R\$	41,94 R\$ 335,52
			TOTAL	R\$ 2.083,48
MÃO-DE-OBRA				
MO EXEC PASSAGEM ELETRODUTO	M2	88,44	R\$	2,16 R\$ 191,03
MO EXEC PASSAGEM ELETRODUTO	M2	523,16	R\$	8,05 R\$ 4.211,44
			TOTAL	R\$ 4.402,47
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 6.485,95
Exec. Escoramento (Para toda a torre)				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSARIA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
SRV LOC ESCORAMENTO P/TORRE CONF PROJ	UN	1	R\$	59.091,12 R\$ 59.091,12
			TOTAL	R\$ 59.091,12
MÃO-DE-OBRA				
SRV FRT TRANSP ESCORAMENTO OBRA CONV	UN	6	R\$	1.200,00 R\$ 7.200,00
			TOTAL	R\$ 7.200,00
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 5.303,29
Exec. Bloco Estrutural				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSARIA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	1,43	R\$	6,20 R\$ 8,87
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	4,08	R\$	0,48 R\$ 1,96
VERGALHAO ACO CA-50 10MM	KG	4,08	R\$	3,33 R\$ 13,59
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	0,08	R\$	6,20 R\$ 0,50
VERGALHAO ACO CA-50 8MM	KG	484,71	R\$	3,72 R\$ 1.803,12
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	484,71	R\$	0,48 R\$ 232,66
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	9,5	R\$	6,20 R\$ 58,90
VERGALHAO ACO CA-50 6,30MM	KG	165,24	R\$	3,49 R\$ 576,69
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	165,24	R\$	0,48 R\$ 79,32
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	3,24	R\$	6,20 R\$ 20,09
VERGALHAO ACO CA-60 5MM	KG	51,1	R\$	3,54 R\$ 180,89
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	51,1	R\$	0,48 R\$ 24,53
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	1	R\$	6,20 R\$ 6,20
ARRUELA LISA RED ALUM 5/16POL	UN	72	R\$	0,05 R\$ 3,60
PARAFUSO ACO ZB CHT/FEN RST 5,5X30MM	UN	72	R\$	0,16 R\$ 11,52
TELA SOLD ACO 1,65MM 15X15X105MM 90CM	UN	79,2	R\$	1,25 R\$ 99,00
BUCHA P/FOX NYLON 8MM	UN	72	R\$	0,13 R\$ 9,36
CLIP LEVE P/CABO ACO GALV 5/8POL	UN	20	R\$	4,46 R\$ 89,20
CONCRETO BR 0 FCK 30,00 MPA SLUMP 10±2	M3	2,54	R\$	269,00 R\$ 683,26
SRV ESP CONC'R BOMBAMENTO BOMBA ESTAC	M3	2,54	R\$	30,00 R\$ 76,20
PREGO ACO COMUM C/1 CAB 17X27MM	KG	6,83	R\$	8,80 R\$ 60,10
ESPACADOR PLASTICO CIRCULAR S/ES-35	MIL	0,34	R\$	80,00 R\$ 27,20
MADEIRA REF SARRAF BRUTA 7X2,90CM X3M	UN	12,3	R\$	2,47 R\$ 30,38
(ELIMINADO) MADEIRA REF BR PONTAL BRUTA	UN	10,25	R\$	8,43 R\$ 86,41
PREGO ACO COMUM C/2 CAB 17X27MM	KG	2,05	R\$	8,80 R\$ 18,04
DESMOLDANTE P/DEFORM OLIO VEO 200L	L	1,37	R\$	1,90 R\$ 2,60
COMPENSADO PLAST 1,22X2,44M 18MM	UN	25,27	R\$	75,22 R\$ 1.900,81
BARRA RED ACO A36 8MM 3M	M	27	R\$	4,60 R\$ 124,20
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	66,3	R\$	0,48 R\$ 31,82
VERGALHAO ACO CA-50 16MM	KG	66,3	R\$	3,17 R\$ 210,17
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N 18 1,24MM	KG	1,3	R\$	6,20 R\$ 8,06
VERGALHAO ACO CA-50 12,5MM	KG	73,13	R\$	3,38 R\$ 247,18
SRV ESP ENEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	73,13	R\$	0,48 R\$ 35,10
CIMENTO PORTLAND C/PIL-Z-32 9C 50KG	KG	7346,23	R\$	0,40 R\$ 2.938,49
BLOCO CONC EST MEIO 14X19X19CM 10MPA	UN	806,4	R\$	1,50 R\$ 1.209,60
BLOCO CONC EST COMP 14X09X19CM 10MPA	UN	210	R\$	1,07 R\$ 224,70
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X39CM 10MPA	UN	6856,5	R\$	2,38 R\$ 16.318,47
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X54CM 10MPA	UN	476,3	R\$	3,85 R\$ 1.833,76
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X34CM 10MPA	UN	2022,3	R\$	2,35 R\$ 4.752,41
BLOCO CONC EST COMP 14X04X19CM 10MPA	UN	296,1	R\$	0,81 R\$ 239,84
BLOCO CONC EST INTEIRO 14X19X24CM 10MPA	UN	10,5	R\$	2,61 R\$ 27,41
BLOCO CONCRETO PASSAGEM GLP 14X19X39CM	UN	25,2	R\$	46,93 R\$ 1.182,64
BLOCO CONC EST MEIA CAN 14X19X19CM 10MPA	UN	62,7	R\$	1,53 R\$ 95,93
BLOCO CONC EST CAN U 14X19X39CM 10MPA	UN	1001	R\$	2,67 R\$ 2.672,67
BLOCO CER INT 14X19X29CM 10MPA	UN	1025,85	R\$	1,96 R\$ 2.010,67
BLOCO CER AMARR 14X19X44CM 10MPA	UN	21	R\$	2,95 R\$ 61,95
BLOCO CER COMP 14X19X04CM 10MPA	UN	33,6	R\$	0,94 R\$ 31,58
BLOCO CER COMP 14X09X29CM 10MPA	UN	16,8	R\$	1,19 R\$ 19,99
BLOCO CER CAN U 14X19X29CM 07MPA	UN	96,8	R\$	0,01 R\$ 0,97
BRITA PEDRISCO 1,2-0,75MM A GRANEL	M3	6,62	R\$	52,15 R\$ 345,23
CIMENTO PORTLAND C/PIL-Z-32 9C 50KG	KG	7498,26	R\$	0,37 R\$ 2.774,36
ADITIVO PLASTIFICANTE P/CONCRETO	KG	45,92	R\$	9,43 R\$ 433,03
AREIA LAVADA MEDIA	M3	7,55	R\$	59,97 R\$ 452,77
ARGAMASSA PRONTA AREIA E CAL ENSACADA	M3	10,87	R\$	95,00 R\$ 1.032,65
BLOCO CER MEIO 14X19X14CM 10MPA	UN	40,95	R\$	1,21 R\$ 49,55
			TOTAL	R\$ 45.476,18
MÃO-DE-OBRA				
SRV MO ESTR EXEC CONC LANCAM	M3	2,42	R\$	60,00 R\$ 145,20
SRV MO ESTR EXEC ALVEN BLOCO EST	M2	993,22	R\$	30,90 R\$ 30.690,50
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	36	R\$	1,50 R\$ 54,00
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	65	R\$	1,50 R\$ 97,50
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	4	R\$	1,50 R\$ 6,00
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	4	R\$	1,50 R\$ 6,00
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	182	R\$	1,50 R\$ 273,00
SRV MO ESTR MONT ALTURA < 4,5M	M2	68,31	R\$	41,00 R\$ 2.800,71
			TOTAL	R\$ 34.872,91
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 79.543,08
Exec. Formas Viga/Laje (Por pavimento)				

INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS POR PAVIMENTO				
DESMOLDANTE PDESFORM OLEO VEG 200L	L	15,07	R\$ 1,90	R\$ 28,63
PREGO ACO COMUM C/2 CAB 17X27MM	KG	37,67	R\$ 8,80	R\$ 331,50
PREGO ACO COMUM C/1 CAB 17X27MM	KG	226,01	R\$ 8,80	R\$ 1.988,89
			TOTAL	R\$ 2.349,02
MATERIAIS A CADA 6 ANDARES				
COMPENSADO PLAST 1,22X2,44M 18MM	UN	153,23	R\$ 75,22	R\$ 11.525,96
MADEIRA REF SARRAF BRUTA 7X2,50CM X3M	UN	229,84	R\$ 2,47	R\$ 567,70
			TOTAL	R\$ 12.093,67
MÃO-DE-OBRA				
SRV MO ESTR MONT ALTURA < 4,5M	M2	753,38	R\$ 41,00	R\$ 30.888,58
			TOTAL	R\$ 30.888,58
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 35.253,21
Exec. Armção Vig/Laje				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	61,47	R\$ 0,48	R\$ 29,51
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	199,89	R\$ 0,48	R\$ 95,95
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	134,94	R\$ 0,48	R\$ 64,77
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	1794,01	R\$ 0,48	R\$ 861,12
SRV ESP EXEC CORTE/DOBR VERGALHOES	KG	618,11	R\$ 0,48	R\$ 296,69
TRELICA ACO TR08644 6X4,25M 0,735KG/M	M	317,3	R\$ 3,00	R\$ 951,90
VERGALHAO ACO CA-50 12,5MM	KG	61,47	R\$ 3,38	R\$ 207,77
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N.18 1,24MM	KG	1,21	R\$ 6,20	R\$ 7,50
VERGALHAO ACO CA-50 10MM	KG	199,89	R\$ 3,55	R\$ 709,61
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N.18 1,24MM	KG	3,92	R\$ 6,20	R\$ 24,30
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N.18 1,24MM	KG	2,65	R\$ 6,20	R\$ 16,43
VERGALHAO ACO CA-50 8MM	KG	134,94	R\$ 3,72	R\$ 501,98
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N.18 1,24MM	KG	35,18	R\$ 6,20	R\$ 218,12
VERGALHAO ACO CA-50 6,3MM	KG	1794,01	R\$ 3,49	R\$ 6.261,09
VERGALHAO ACO CA-60 5MM	KG	618,11	R\$ 3,54	R\$ 2.188,11
ARAME LISO ACO RECOZ S/REV N.18 1,24MM	KG	12,12	R\$ 6,20	R\$ 75,14
			TOTAL	R\$ 12.510,00
MÃO-DE-OBRA				
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	60,26	R\$ 1,50	R\$ 90,39
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	195,97	R\$ 1,50	R\$ 293,96
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	132,29	R\$ 1,50	R\$ 198,44
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	1758,83	R\$ 1,50	R\$ 2.638,25
SRV MO ESTR EXEC ARMACAO	KG	605,59	R\$ 1,50	R\$ 908,99
			TOTAL	R\$ 4.130,01
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 16.640,01
Exec. Concretagem Vig/Laje				
INSUMOS	UNIDADE	QTDE. NECESSÁRIA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
MATERIAIS				
SRV ESP CONCR BOMBAMENTO BOMBA ESTAC	M3	64,67	R\$ 30,00	R\$ 1.940,10
CONCRETO BR 0 FCK 30,00 MPA SLUMP 10±2	M3	64,67	R\$ 269,00	R\$ 17.396,23
			TOTAL	R\$ 19.336,33
MÃO-DE-OBRA				
SRV MO ESTR EXEC PISO NIVEL ZERO	M2	602,55	R\$ 11,00	R\$ 6.628,05
SRV MO ESTR EXEC CONC LANCAM	M3	61,59	R\$ 60,00	R\$ 3.695,40
			TOTAL	R\$ 10.323,45
			TOTAL ATIVIDADE	R\$ 29.659,78
			CUSTOS MOLDADO IN LOCO	R\$ 172.885,31