

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

DANILO AKIO MONOBI OSADA

Planejamento de Montagem de Pré-Moldados : Análises e sugestão de melhorias

Guaratinguetá

2017

Danilo Akio Monobi Osada

Planejamento de Montagem de Pré-Moldados : Análises e sugestão de melhorias

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil .

Orientador: Prof^a Dra. Márcia Regina de Freitas

Guaratinguetá

2017

O81e Osada, Danilo Akio Monobi
Estudo de caso de planejamento de montagem de pré-moldados:
análises e sugestões / Danilo Akio Monobi Osada – Guaratinguetá, 2017.
56 f. : il.
Bibliografia : f. 48-49

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Márcia Regina de Freitas

1. Construção modular. 2. Indústria da construção civil. 3. Controle de
qualidade. I. Título

CDU 69


Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

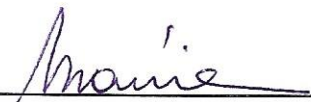
DANILO AKIO MONOBI OSADA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **"GRADUANDO EM**
ENGENHARIA CIVIL "

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL


Prof^o Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof^ª Dra. Márcia Regina de Freitas
Orientador/UNESP-FEG


Prof^o Dr. Paulo Valladares Soares
UNESP-FEG


Prof^o Dr. Yzumi Taguti
UNESP-FEG

Novembro , 2017

DADOS CURRICULARES

DANILO AKIO MONOBI OSADA

NASCIMENTO 16/09/1993 - São Paulo / SP

FILIAÇÃO Kazuhiko Osada
Shirlei Shizue Monobi Osada

2012 / 2017 Formação acadêmica
(Bacharelado em Engenharia Civil)
Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho"

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha família e meus amigos.

Aos meus pais Shirlei e Kazuhiko, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

A República Vamointão, que foi minha segunda família durante a graduação, me ensinando e apoiando a cada dia.

A minha orientadora, Prof^a Dra. Márcia Regina de Freitas que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

“Felicidade é quando o que você pensa, o que você diz e o que você faz estão em harmonia.”
(Gandhi)

RESUMO

A construção com a utilização de elementos pré-moldados está conectada com rapidez na execução, controle de qualidade, organização no processo produtivo, racionalização e redução de custo. Neste trabalho pesquisou-se itens de planejamento e acompanhamento que devem ser levados em consideração quando realizada uma obra que utiliza tal método construtivo. Para o estudo foram analisados dados referentes a uma obra de edificação comercial realizada com estrutura pré-moldada na cidade de São Paulo, na qual foram identificados dificuldades no processo de planejamento e execução, para os quais foram propostas melhorias. Fatores que não foram devidamente tratados para a execução da obra tiveram consequências significativas no prazo do serviço e na produtividade. Elaborou-se uma lista de checagem básica (*checklist*) de itens que devem ser analisados previamente e durante a montagem das peças, com base nos parâmetros citados pela literatura referente ao tema e naqueles que tiveram um impacto negativo no cronograma na obra estudada.

PALAVRAS-CHAVE: pré-moldado. planejamento. racionalização. lista de checagem.

ABSTRACT

The construction with the use of precast elements can be linked with quick execution, quality control, organization in the productive process, rationalization and reduction of cost. In this work, planning and follow-up items that should be considered when performing a work that uses such a constructive method were researched. In this study, the analyzed data referred to a commercial building carried out with a precast structure in the city of São Paulo, in which difficulties were identified in the planning and execution process, for which improvements were proposed. Factors that were not properly handled for the execution of the work had significant consequences in terms of service and productivity. A basic checklist was developed for items that must be analyzed before and during the assembly of the pieces, based on the parameters mentioned in the literature on the subject and on those that had a negative impact on the schedule in the construction studied.

KEYWORDS: precast. planning. rationalization. checklist.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Hipódromo da Gávea	17
Figura 2	Estrutura pré-moldada em esqueleto	18
Figura 3	Corte transversal de uma laje alveolar	19
Figura 4	Seções transversais utilizadas em pilares	19
Figura 5	Formas de Pilares mais utilizadas ao longo de seu comprimento	20
Figura 6	Características e elementos acessórios de pilares	20
Figura 7	Seções típicas de vigas pré-moldadas para construção de pisos	21
Quadro 1	Vantagens e desvantagens	22
Figura 8	Fluxograma de atividade	27
Figura 9	Localização do empreendimento comercial no bairro Itaim Bibi	28
Figura 10	Fachada do empreendimento finalizada	29
Figura 11	Distância entre pilares	29
Figura 12	Bloco de coroamento tipo cálice	30
Figura 13	Leiaute do canteiro	31
Figura 14	Sentido de ataque dos pré-moldados	31
Figura 15	Imagem do guindaste semelhante ao utilizado em obra	32
Figura 16	Imagem da plataforma elevatória semelhante à utilizada em obra	32
Figura 17	Imagem aérea durante o posicionamento de peças de pré-moldados	33
Figura 18	Gráfico da produtividade acumulada	36
Figura 19	Região do pilar P04	38
Figura 20	Viga de travamento presente na rampa de acesso	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade de pré-moldados e tendência de finalização do serviço	34
Tabela 2 – Lista de checagem em obras com elementos pré-moldados	42
Tabela 3 – Tabela de acompanhamento de chegada e montagem de peças pré-moldadas . . .	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
UNESP	Universidade Estadual Paulista
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho
CRUSP	Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo
PCI	Precast Concrete Institute
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	13
1.2	JUSTIFICATIVA DO TEMA	13
2	OBJETIVO	15
2.1	OBJETIVOS GERAIS	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	ASPECTOS GERAIS	16
3.1.1	Histórico e utilização de pré-moldados	16
3.2	Sistema e Elementos Estruturais	18
3.2.1	Sistema Estrutural em Esqueleto	18
3.2.2	Lajes Alveolares	18
3.2.3	Pilares e Vigas	19
3.2.4	Vantagens e Desvantagens	21
3.3	PLANEJAMENTO DE MONTAGEM	21
3.3.1	Determinação de Acessos	21
3.3.2	Identificação de Obstáculos e Riscos Potenciais	23
3.3.3	Avaliação de Limitação pelo Tamanho e Peso dos Elementos	23
3.3.4	Definição de Equipamentos	23
3.3.5	Elaboração de um Plano de Montagem	23
3.3.6	Armazenamento de Peças no Canteiro	24
3.3.7	Considerações a respeito de Segurança	24
3.3.8	Verificação da Locação e condições de estruturas <i>in loco</i> que possam em sua interface impactar na montagem subsequente dos elementos pré-fabricados	24
3.3.9	Sequência de Montagem	24
3.3.10	Descarregamento	25
3.4	LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA	25
3.5	PRODUTIVIDADE DE PRÉ-MOLDADOS	26
4	METODOLOGIA	27
4.1	SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES	27
5	DESENVOLVIMENTO	28
5.1	ESTUDO DE CASO	28
5.1.1	Descrição da Obra	28
5.1.2	Acompanhamento da Obra	30

5.1.3	Apresentação de dados	33
5.1.3.1	Condições do equipamento	34
5.1.3.2	Verificação da locação e condições da estrutura <i>in loco</i>	35
5.1.3.3	Plano de montagem	35
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO	38
6.1	EQUIPAMENTO DE MONTAGEM	38
6.2	VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES <i>IN LOCO</i>	38
6.3	PLANO DE MONTAGEM	39
6.4	CONSEQUÊNCIAS NO CRONOGRAMA	40
6.5	<i>CHECKLIST</i> DE MONTAGEM DE PRÉ-MOLDADOS	41
7	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48
	ANEXO A – TABELA DE ACOMPANHAMENTO DE CHEGADA E MON- TAGEM DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS	50

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil teve sua evolução em diversas etapas, sendo que em cada uma delas foram identificados diferentes métodos, tecnologias e aplicações, e, o uso de elementos pré-moldados seria uma das evidências da industrialização do setor.

O uso de concreto pré-moldado em edificações está relacionado a uma forma de construir econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender às demandas da sociedade, como por exemplo: "economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade"(ACKER, 2002).

Segundo Santos (2013), o panorama atual evidencia a utilização de elementos pré-moldados em todos os tipos de obras, atestando sua viabilidade técnica, econômica e estética, ou seja a construção civil com ampla utilização desta metodologia construtiva se vê na necessidade de uma constante análise para que haja uma melhoria contínua no sistema, fazendo com que sejam cada vez maiores as influências no custo, produtividade e prazo da obra.

O planejamento da obra, quando se trata de utilização de pré-moldados, está diretamente relacionado às justificativas de seu uso: custo, produtividade, prazo, racionalização e qualidade. Sendo assim, um bom planejamento terá um impacto positivo no produto que será entregue ao cliente. Porém, para que o planejamento seja executado de maneira a prevenir a maior parte dos possíveis contratempos que podem acontecer na fase de execução, é necessário que seja realizado um estudo específico da obra em que sejam analisados todos os fatores que podem impactar na utilização dessa metodologia construtiva.

O estudo realizado neste trabalho tem como objetivo desenvolver uma lista de itens que devem ser verificados antes e durante a execução da montagem de elementos pré-moldados, para que se minimize as chances de falhas.

1.1 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho se encontra dividido em 7 capítulos, no capítulo 1 são introduzidas informações que serão abordadas no desenvolvimento do trabalho; no capítulo 2 encontram-se os objetivos gerais e específicos; no capítulo 3 está o embasamento teórico para este trabalho; no capítulo 4 apresenta-se a metodologia em que o estudo foi desenvolvido; no capítulo 5 o estudo de caso é apresentado e analisado; no capítulo 6 são apresentados os resultados que foram obtidos a partir da análise do estudo de caso; e no capítulo 7 são expostas as conclusões que foram tiradas após a realização do trabalho.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Durante a realização do período de estágio, o autor participou da construção de um edifício de três pavimentos com a utilização de estrutura pré-moldada.

O prazo de execução de montagem teve de ser prorrogado, pois durante o processo ocorreram problemas que impactaram diretamente na produtividade do serviço. Então, identificou-se uma

oportunidade de estudo para identificar as possíveis falhas que causaram mudanças no cronograma, e assim propor melhorias.

E para que chances de erros fossem minimizadas em obras com o mesmo método construtivo, viu-se a necessidade da elaboração de um *checklist*, no qual itens relevantes seriam analisados na fase de planejamento e durante a execução da obra.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo analisar dados e informações referentes à sequência de montagem e a produtividade do estudo de caso de uma edificação comercial construída com estrutura pré-moldada. De forma a apontar supostas falhas cometidas e propor melhorias no planejamento e execução da montagem a partir de considerações de autores, manuais e normas para essa determinada metodologia construtiva.

Será proposto um *checklist* para que seja utilizado como ferramenta de planejamento e acompanhamento durante a execução de montagem de pré-moldados, para melhorar o gerenciamento da obra sem ou com menores dificuldades. Com base em aspectos já propostos pela literatura e também aqueles que ocorreram falha durante o processo do estudo de caso, que possuem uma grande influência no cronograma de execução.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o tema pré-moldados em obras;
- Demonstrar resultados obtidos em estudo de caso, cujos subsídios foram coletados em uma obra real;
- Identificar possíveis falhas no processo produtivo;
- Propor melhorias na execução da montagem;
- Elaborar uma lista de itens para checagem antes e durante a execução da obra.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GERAIS

Na atual situação de busca da melhoria contínua nos processos da construção civil, está se tornando cada vez mais importante a análise de aspectos relacionados à industrialização da construção por meio de técnicas construtivas que viabilizem a redução de custos e o aumento da produtividade.

A Construção Civil tem sido considerada uma indústria atrasada quando comparada a outros ramos industriais, por apresentar, de maneira geral, "baixa produtividade, grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade"(DEBS, 2000). Segundo Franco (1992), o processo de industrialização da construção pode ser entendido como um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho, técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva.

A definição de elemento pré-moldado segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas Norma Brasileira 9062 (2017) é de um elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, executados conforme prescrições das ANBT NBR 14931 e ABNT NBR 12655 e ao controle de qualidade estabelecido na própria norma ABNT NBR 9062 (2017), para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias.

Conforme a norma também é possível identificar que as principais diferenças entre elementos pré-fabricados e elementos pré-moldados são a utilização de mão de obra treinada e especializada e o maior rigor na inspeção e no controle de qualidade dos elementos quando trata-se de pré-fabricados.

3.1.1 Histórico e utilização de pré-moldados

Segundo Vasconcelos (2002), não é possível determinar uma data exata para o início da pré-moldagem, pois o próprio nascimento do concreto armado se deu com a pré-moldagem dos elementos fora do seu local de uso, sendo a concretagem *in loco* com surgimento posterior. Durante o fim da década de 40 e na década de 50, surgiram processos mecanizados e o desenvolvimento de guindastes impulsionou uma mudança significativa na indústria da construção civil, segundo Dawson (2003), com isso os arquitetos passaram a projetar edificações com amplas áreas livres de pilares.

De acordo com Salas (1988), o uso de pré-moldados pode ser separado em três períodos: de 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, houve a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitalares e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção; 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. Neste contexto teve o início do declínio

dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção; 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.

No Brasil, a primeira obra que se tem registro com uso de peças pré-moldadas, segundo Vasconcelos (2002), foi o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro. Também conhecido como Jockey Clube Brasileiro, foi executado em 1926, pela construtora Christiani-Nielsen, utilizando diversas aplicações de pré-moldados, dentre elas é possível citar as estacas nas fundações e as cercas no perímetro da área do Hipódromo. Para tal fundação, foram concretadas no próprio canteiro de obras 8 quilômetros de estacas com comprimento máximo de 24 metros. Na Figura 1 é possível visualizar o tamanho da construção realizada à partir de uma vista aérea.

Figura 1 – Hipódromo da Gávea



Fonte: (LAGES, 2017).

Nos anos 50, a construtora Mauá realizou várias construções de galpões no município de São Paulo utilizando peças pré-moldadas. O processo utilizado consistia em colocar as peças deitadas uma em cima da outra, em uma sequência vertical, separadas por papel parafinado. Isso economizava tempo e espaço no canteiro de obras, podendo ser empilhadas até 10 peças. "Tal procedimento dava uma grande produtividade à execução de peças" (VASCONCELOS, 2002).

Com relação à construção de edifícios de vários pavimentos, o conjunto CRUSP da Cidade Universitária de Armando Salles Oliveira em São Paulo, construído em 1963, trata-se de um exemplo de uma pré-fabricação com estrutura reticulada, na qual foi a primeira obra registrada de edifícios de vários pavimentos com estrutura reticulada em concreto pré-moldado. O conjunto é constituído por 12 prédios de 12 pavimentos e as edificações iriam servir de alojamento para os atletas que iriam para os Jogos Pan-Americanos de São Paulo que iriam ocorrer no ano seguinte. A data dos Jogos estava próxima e os prédios ainda não tinham sido construídos. Temia-se que a sua execução não fosse feita a tempo e para estudar a respeito de uma execução mais rápida, a empresa Ribeiro Franco S.A. fora contratada. Ela apresentou a solução da execução das obras em concreto pré-moldado. Porém, como era um processo novo e, até então, desconhecido no Brasil, o FUNDUSP (Fundo de Construção da

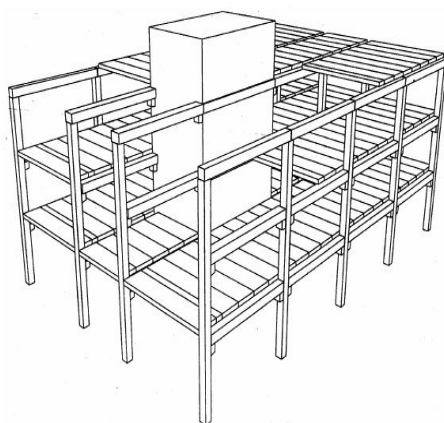
Universidade de São Paulo) decidiu que seis prédios fossem construídos através da pré-moldagem e os outros seis seriam construídos usando o processo tradicional de concreto moldado *in loco*.

3.2 SISTEMA E ELEMENTOS ESTRUTURAIS

3.2.1 Sistema Estrutural em Esqueleto

Segundo Acker (2002), a estrutura em esqueleto tem como objetivo oferecer maior liberdade no planejamento e disposição das áreas do piso, para que não haja obstrução de paredes portantes internas ou por um grande número de pilares internos. E pelo fato do sistema portante ser independente dos outros subsistemas complementares da edificação, é possível adaptar facilmente a construção de acordo com sua utilização. A representação de uma estrutura em esqueleto segue na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura pré-moldada em esqueleto



fonte: (ACKER, 2002).

3.2.2 Lajes Alveolares

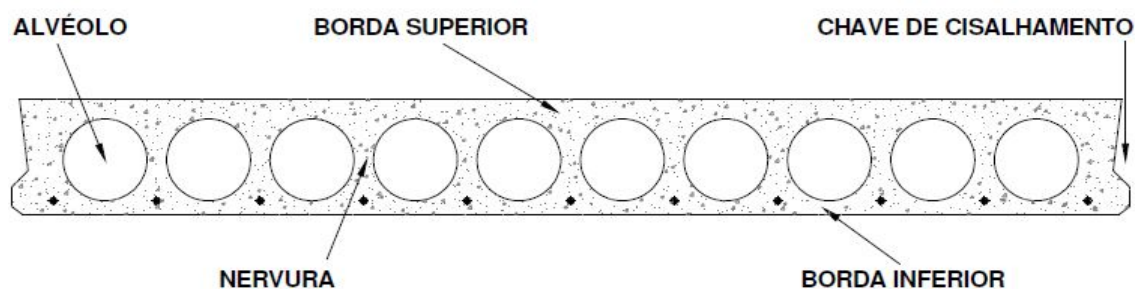
Segundo Melo (2007), as lajes alveolares foram desenvolvidas nos anos 50 nos Estados Unidos e na Europa, por causa do avanço das tecnologias de produção de concreto e também da pista de protensão. Esses elementos são conhecidos por permitir sistemas econômicos de pavimento e também de cobertura, com alta velocidade de montagem, número pequeno de elementos e baixo peso próprio. O peso próprio de um elemento de laje alveolar pode chegar até menos da metade do relativo a uma laje maciça de mesma altura.

As lajes alveolares oferecem a eficiência de um elemento protendido e, segundo Santos (2014), com a utilização deste elemento é possível atingir vãos consideráveis, com elevada capacidade de carregamento e pequenos deslocamentos. A Figura 3 é um corte transversal de uma laje alveolar.

Segundo El Debs (2000), a faixa de vão que pode ser empregada com a utilização deste tipo de painéis é desde a casa dos 5 metros até a casa dos 15 metros. A largura do painel variam normalmente de 1,0 metro e 1,2 metros, mas podem chegar até 2,5 metros.

O dimensionamento dos painéis de seção alveolar apresenta algumas particularidades, segundo El Debs (2000). A armadura dos painéis é constituído apenas de armadura ativa, na parte inferior e

Figura 3 – Corte transversal de uma laje alveolar



fonte:(SANTOS, 2014).

muitas vezes na mesa superior. De maneira geral, não existem armaduras para resistir à força cortante e nem solicitações na direção transversal, sendo suportado pela resistência à tração do concreto.

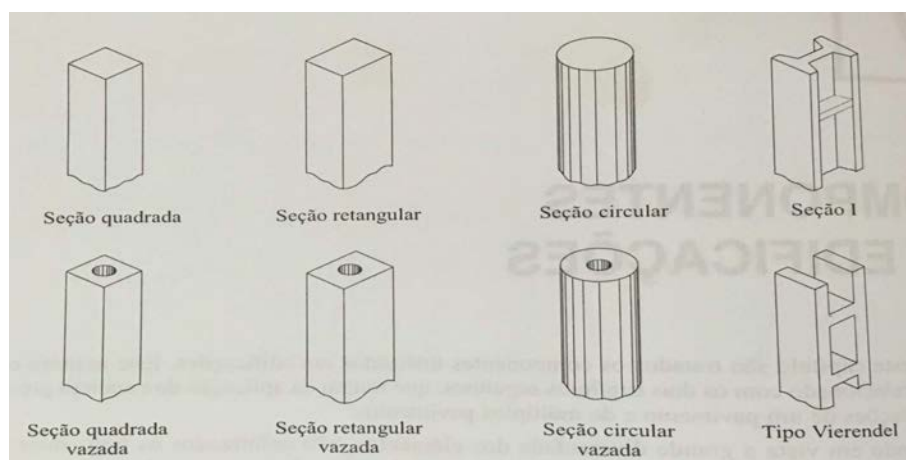
Uma característica muito importante das lajes alveolares é a resistência ao fogo, pois de acordo com o Precast Concrete Institute (1992), um painel alveolar pode suportar até quatro horas quando submetidos a temperaturas elevadas. Sendo essa resistência dependente da altura do painel e também do cobrimento da armadura.

3.2.3 Pilares e Vigas

Segundo El Debs (2017), as seções mais adotadas de pilares são as retangulares e as quadradas, podendo ou não serem vazadas. Os mesmos normalmente são constituídos de concreto armado, podendo atingir um comprimento de até 30 metros. Porém, é recomendado se limitar até à ordem de 20 metros por questões econômicas. Quando se tratar de pilares sujeitos a momentos fletores elevados, também é possível utilizar o concreto protendido.

As seções mais utilizadas estão conforme a Figura 4, destacando as seções quadradas e retangulares. Estas seções podem ou não ser vazadas, sendo as mais usuais na aplicação de galpões as seções tipo "T" e tipo Vierendel.

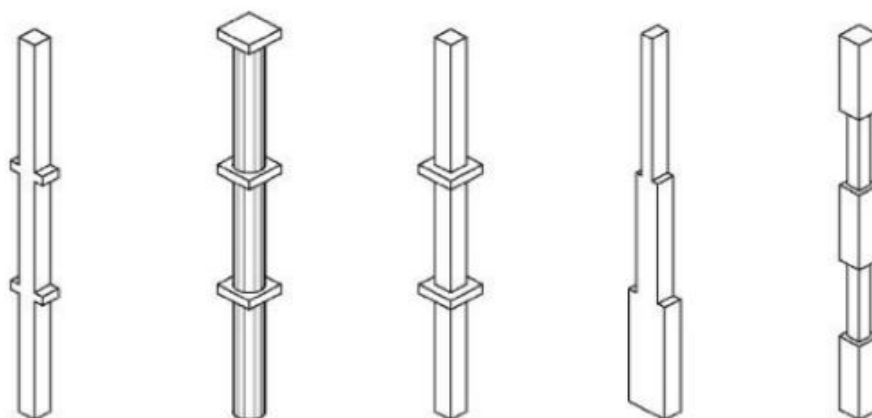
Figura 4 – Seções transversais utilizadas em pilares



Fonte: (DEBS, 2000).

A Figura 5 mostra as formas de pilares mais utilizadas no mercado ao longo de seu comprimento.

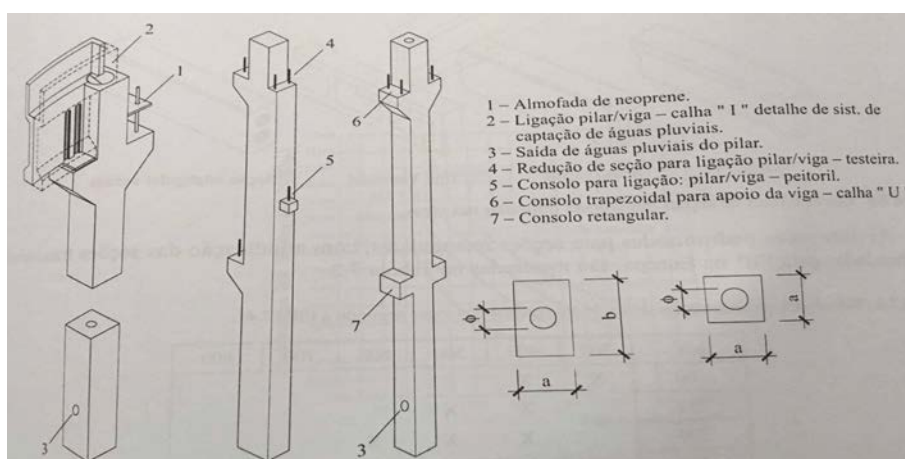
Figura 5 – Formas de Pilares mais utilizadas ao longo de seu comprimento



Fonte: (DEBS, 2017).

Na Figura 6 são mostradas as características e os elementos acessórios de pilares das seções quadradas e retangulares, executadas por empresas do ramo de pré-moldados no Brasil.

Figura 6 – Características e elementos acessórios de pilares

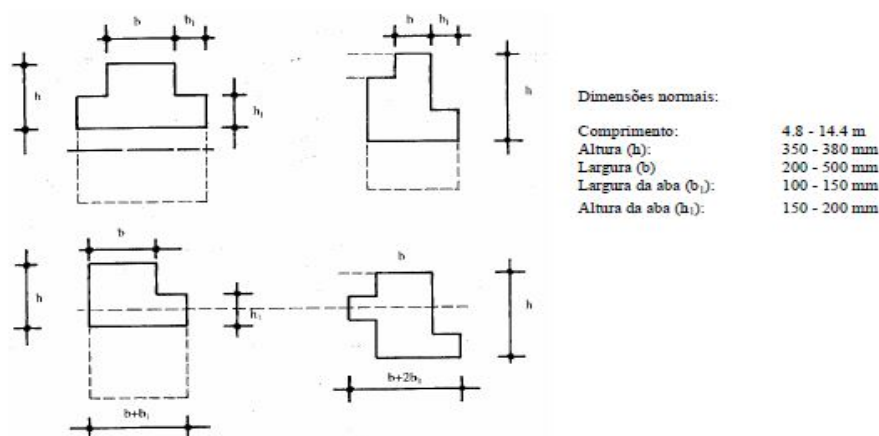


Fonte: (DEBS, 2000).

Segundo Acker (2002), o tipo mais comum de viga para pisos em construções pré-moldadas é a viga com abas em forma de "L" ou em forma de "T" invertido. As vigas são em concreto protendido ou armado. A principal vantagem das vigas com abas invertidas para apoio das lajes é a redução da espessura total dos subsistemas de piso. A Figura 7 mostra as seções típicas e suas dimensões de vigas.

De acordo com El Debs (2000), por uma questão de utilização, a altura das vigas nos pisos dos edifícios possuem altura contante, e que para o caso de coberturas pode-se ocorrer uma variação na altura ao longo do vão. As vigas de seção retangular atingem vãos de ordem de 15 metros, e as de seção tipo "I" podem ser empregadas em vão entre 10 metros a 35 metros. O concreto protendido é mais apropriado para vigas, com exceção de vãos pequenos.

Figura 7 – Seções típicas de vigas pré-moldadas para construção de pisos



Fonte:(DEBS, 2017).

3.2.4 Vantagens e Desvantagens

O Quadro Quadro 1 apresenta as supostas vantagens e desvantagens do pré-moldado segundo El Debs (2000). Serão apresentadas vantagens e inconvenientes segundo as características técnicas, sociais e econômicas, para caso de edificações.

Essas supostas vantagens e desvantagens são aspectos reunidos da literatura técnica, por essa razão existem argumentos totalmente antagônicos (DEBS, 2000).

3.3 PLANEJAMENTO DE MONTAGEM

Segundo El Debs (2000), os trabalhos de montagem devem ser objeto de planejamento, ou seja, devem ser definidas a sequência de montagem, as condições de acesso de escoramento provisório de cada fase e dos equipamentos de maneira geral. Sendo que todo esse estudo deve ser realizado de maneira prévia, e que nos projetos possam ser consideradas situações inevitáveis que solicitaram peças e equipamentos de maneira crítica.

A aplicação de determinada técnica construtiva necessita de um estudo que analise o seu desenvolvimento, deste modo a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), com o objetivo de descrever um conjunto satisfatório de procedimentos gerais para a operação de montagem de concreto pré-moldado, desenvolveu um manual que aborda fatores que devem ser considerados no planejamento da obra com utilização de pré-moldados.

3.3.1 Determinação de Acessos

Segundo Doniak (2008), devem ser analisadas as condições de acesso de veículos que transportam as peças e dos equipamentos que serão utilizados durante a montagem de peças pré-moldadas. A sequência de montagem terá como principais influências os portões de entrada e o leiaute do canteiro. Normalmente as condições de canteiro adequadas para entrada do fornecedor de peças pré-moldadas são obrigações da construtora. A norma ABNT NBR 9062:2017 sugere também o estudo das ruas próximas ao local da obra, para que seja apresentado o trajeto mais adequado para a chegada de

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens

Vantagens	Desvantagens
Características Técnicas	
(a) Facilidade na elaboração de projeto, em especial na resolução de detalhes;	(a) Falta de monolitismo especialmente em regiões sísmicas;
(b) Melhoria na qualidade dos trabalhos realizados mecanicamente, em comparação com os manuais;	(b) Problemas na resolução de juntas;
(c) Melhor aproveitamento das seções resistentes;	(c) Necessidade de superdimensionar certos elementos, considerando situações desfavoráveis durante o transporte ou na montagem;
(d) Facilidade para realizar o controle de qualidade;	(d) Incógnitas quanto à confiabilidade de certos materiais e sistemas;
(e) Necessidade de menor número de juntas de dilatação que na construção convencional;	(e) Devem ser respeitados os gabaritos de transporte;
(f) Possibilidade de realizar interrupções na concretagem;	(f) Grandes dificuldades para modificações nas distribuições dos espaços primitivos;
(g) Possibilidade de recuperação de elementos ou parte da construção em certas desmontagens;	(g) Inadaptação à topografia e aos tipos de terrenos;
(h) Desaparecimento quase total do cimbramentos e das fôrmas;	
Características Sociais	
(i) Diminuem o número de acidentes de trabalho;	(h) Produz desemprego;
(j) Proporcionam segurança de emprego;	(i) Aparecem para os trabalhadores os inconvenientes próprios da linha de produção;
(k) Trabalho protegido das intempéries climáticas;	(j) Especializa em excesso, incapacitando os trabalhadores para outros tipos de trabalho;
(l) Eleva a remuneração dos trabalhadores;	
(m) É o meio mais real e efetivo que se tem ao alcance para tentar reduzir o deficit mundial de construção;	
(n) Livra o homem dos trabalhos rudes e penosos;	
Características econômicas	
(o) Produz economia reduzindo consideravelmente os custos;	(k) É em geral mais cara que a tradicional;
(p) Ocasiona economia de tempo;	(l) Não é mais rápida que a tradicional;
(q) Evita improvisação;	(m) Necessita de investimentos, em geral, consideráveis, para iniciar a pré-fabricação;
(r) É mais apta para cumprimento dos controles e recepção;	(n) Necessita de uma demanda de volume adequada;
(s) É uma valiosa ferramenta de planificação.	(o) O transporte dos produtos é mais caro que o das matérias-primas dos componentes.

Fonte: Produção do próprio autor, adaptado El Debs (2000), 2017.

caminhões carreta, e que o acesso interno deve levar em consideração elementos que podem ser superficiais como: as condições do solo, nível do lençol freático, etc.

3.3.2 Identificação de Obstáculos e Riscos Potenciais

Segundo a norma ABNT NBR 9062:2017 antes do início da montagem deve-se avaliar: construções vizinhas, árvores, rede de energia elétrica, existência de tubulações, galerias e manilhas. "Há também a possibilidade de cuidados especiais serem requeridos se o canteiro estiver próximo a aeroportos, hospitais, etc."(DONIAK, 2008).

3.3.3 Avaliação de Limitação pelo Tamanho e Peso dos Elementos

De acordo com Doniak (2008), a eficiência de montagem e sua segurança são os aspectos primordiais a serem levados em consideração. A capacidade do equipamento que será utilizado está totalmente relacionada aos elementos estruturais aplicados e também as condições de logística, por isso, ambas informações devem estar disponíveis desde a fase do projeto, já que são parâmetros determinantes.

3.3.4 Definição de Equipamentos

Para definição dos equipamentos a serem utilizados são imprescindíveis os aspectos estabelecidos em determinação de acessos, identificação de obstáculos e avaliação de limitações pelo tamanho e peso dos elementos. Segundo Doniak (2008) devem ser definidos os prováveis locais onde os equipamentos serão mobilizados. considerando o local que será posicionado o equipamento, peso e tamanho das peças, será dimensionado qual equipamento atenderá as necessidade. Considerações específicas sobre o equipamento proposto definirão o raio de trabalho, centro de gravidade e ângulos a serem adotados. Dispositivos auxiliares para içamento, cabos de aço, garras, etc.

Para El debs (2000), os fatores que influenciam na escolha do equipamento e da sua capacidade são: peso, raio e dimensões de levantamento das peças; número de levantamentos a serem feitos e frequência de operação; mobilidade requerida, condições de campo e espaço disponível; necessidade de transportar os elementos levantados; necessidade de manter o elemento no ar por longos períodos; considerações topográficas de acesso; e disponibilidade e custo do equipamento.

3.3.5 Elaboração de um Plano de Montagem

Segundo a ABNT NBR 9062:2017, o plano de montagem deve conter uma série de informações, tais como: instrução de montagem de cada tipo de elemento, sendo que cada elemento a ser montado tenha o registro da idade do concreto; devem ser avaliadas as ligações e juntas permanente e temporária, juntamente com seus detalhes; avaliação prévia da sequência de capeamento das lajes alveolares; evidência de que os equipamentos utilizados na montagem e também seu dispositivos auxiliares foram escolhidos corretamente e atendem as necessidades da obra; evidência que os equipamentos estão em condições de uso e apresentam seu plano de manutenção em dia, e quando aplicável, com seus respectivos certificados de ensaios realizados; referência à legislação de segurança vigente; detalhamento de responsabilidades pelos equipamentos de proteção coletiva, controle de entrada e

saída da obra, isolamento e sinalização de áreas de risco; plano *rigging*; evidências de reuniões feitas com o fornecedor de peças pré-moldadas onde são passadas informações relacionadas a serviços ainda não executados e os já concluídos, para garantia entre o contratante e o contratado; e documentação de montagem onde o responsável pelo projeto aprova as condições de montagem que serão aplicadas.

3.3.6 Armazenamento de Peças no Canteiro

Para o armazenamento, devem ser utilizados apoios para regularizar o solo e para manter um afastamento da peça com o solo. "Deve haver, portanto, uma padronização da armazenagem das peças em obras quando não são possíveis descarregar e montar em seguida"(DONIAK, 2008). Segundo a norma ABNT NBR 9062:2017, o armazenamento deverá ser feito sobre dispositivos de apoio, assentes sobre terreno plano e firme. E, deve ser analisada criteriosamente a segurança contra tombamento do elemento isoladamente e quando aplicável, em pilhas. As tensões de apoio também devem ser verificadas para que não sejam ultrapassadas as tensões admissíveis.

3.3.7 Considerações a respeito de Segurança

De acordo com Doniak (2008) se deve verificar no projeto de montagem informações importantes relacionadas a ligações provisórias e outras orientações passadas pelos projetista de estrutura. O Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho (PCMAT) e as Normas Regulamentadoras aplicáveis NR - 18; NR-7, também devem ser respeitadas durante a montagem. Considerar o dimensionamento dos equipamentos conforme a avaliação de limitações pelo tamanho e peso dos elementos, e plano de manutenção preventiva e corretiva.

3.3.8 Verificação da Locação e condições de estruturas *in loco* que possam em sua interface impactar na montagem subsequente dos elementos pré-fabricados

Segundo Doniak (2008) devem ser verificadas a locação da fundação independente de terem sido executadas pela própria empresa que está executando os pré-moldados, conferir a locação de blocos de fundação a partir do projeto de locação de blocos, considerando o nível da obra identificado e aprovado, aceitando-se uma tolerância de 50 mm para mais ou para menos. O nível do piso, nível do colarinho e nível do assentamento do pilar também devem ser verificados por uma equipe topográfica.

A norma ABNT NBR 9062:2017 estabelece que deve ser feita uma conferência antecipada da fundação, naquelas que receberão a estrutura pré-moldada, checando os níveis de fundo dos blocos, profundidade de embutimento, locações e tolerâncias em consonância com o projeto de montagem e da fundação da obra em questão.

3.3.9 Sequência de Montagem

De acordo com a norma ABNT NBR 9062:2017, a sequência de montagem constitui-se basicamente em ordenar cada peça da obra, considerando as condições de acesso, o equipamento a ser utilizado e as condições do cliente, quando for o caso. Neste procedimento deve ser levado em consideração a estabilidade da estrutura e limitar a inserção de cargas excêntricas. o cronograma de obra também deve

ser respeitado, em conjunto com as interfaces de produção e transporte dos elementos, a execução dos elementos de fundação, limpeza do canteiro e demais atividades que possam estar ocorrendo de maneira simultânea a montagem de pré-moldados.

A sequência de montagem, segundo Doniak (2008), é provavelmente um dos mais importantes fatores que influenciam numa correta montagem de pré-fabricados. Ela é controlada por diversos fatores como: a locação do guindaste na obra, as formas de construção e a localização das paredes para estabilidade. A sequência de montagem deve respeitar a seguinte lógica: devem ser colocados o maior número de peças antes que o guindaste precise ser novamente movimentado.

3.3.10 Descarregamento

De acordo com Doniak (2008), todos os elementos pré-moldados devem ser manipulados em posições que os deixem firmes, isso poderá ser feito levando-se em consideração o tamanho e o desenho das peças. Para esse procedimento ser feito corretamente, um esquema com a localização e o desenho de montagem deverão estar presentes na obra. Os elementos que forem protendidos devem sempre ser mantidos em posição perpendicular com função de apoio e içados e apoiados em locais próximos as suas extremidades a não ser que os desenhos esquemáticos mostrarem o contrário. Antes de descarregar a peça do veículo de transporte, todos os cintos, laços, alças, e proteção nos cantos dos elementos devem ser cuidadosamente removidos. Os laços, alças e tiras não devem ser removidos enquanto a estabilidade da peça não esteja assegurada. Se cintos forem utilizados para o descarregamento, materiais de proteção deverão ser utilizados onde houver contato destes com as peças, para minimizar danos. Para que o descarregamento seja seguro, o caminhão e o caminho por onde este vai transitar, deverão estar firmes e nivelados.

3.4 LOGÍSTICA NA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA

A utilização da abordagem logística como ferramenta nos sistemas de gestão da produção da construção civil é muito importante para que se alcance o sucesso. Inicialmente concebida como estratégia de distribuição física dos estoques e transporte, a logística hoje alcança também o enfoque de gestão da cadeia de suprimentos. Segundo Silva e Cardoso (2000), a gestão da logística na construção envolve as atividades de planejamento, organização, direção e controle dos fluxos físicos no canteiro de obras e externamente ao mesmo, principalmente relacionado com o fornecimento de suprimentos.

Segundo Neto, Serra e Ferreira (2010), para um melhor resultado no sistema de produção, devem ser consideradas especificidades de cada empreendimento, como o sistema construtivo, localização, a existência de fornecedores de materiais e equipamentos na região, e qualificação da mão de obra, entre outros aspectos.

Os mesmos autores ainda afirmam que a utilização de pré-moldados de concreto exigem um estudo logístico desde a fase inicial do empreendimento, para que sejam determinadas soluções que só podem ser adotadas se a cadeia de suprimentos envolvida for considerada em sua plenitude.

Para viabilizar o uso de pré-moldados de concreto em uma obra devem ser considerados muitos aspectos. Entre eles, "definição sobre o local de produção dos elementos pré-moldados, deve levar

em conta não só fatores financeiros, mas também aspectos técnicos e operacionais"(NASCIMENTO-NETO; SERRA; FERREIRA, 2010). Segundo estes autores, o transporte e a montagem são etapas críticas do processo de execução, pois a logística se dá de maneira muito complexa, a qual a maioria das empresas do ramo não dispõe. Portanto, é necessário que sejam estudadas e estabelecidas diretrizes que tornam mais fácil o gerenciamento do transporte e montagem dos elementos pré-moldados, tanto na fábrica, no canteiro de obras e no percurso entre eles.

3.5 PRODUTIVIDADE DE PRÉ-MOLDADOS

Segundo Araújo e Souza (2001), a produtividade pode ser definida como a eficiência de transformar entradas em saídas de um processo de produção. A produtividade pode ser entendida como uma relação entre o volume produzido e os recursos necessários a essa produção. Conceitualmente, produtividade significa capacidade de produzir, característica do que produz com abundância ou lucratividade. Em outras palavras, "produtividade é obter a melhor relação entre volume produzido e recursos consumidos"(LOBO, 2010).

Segundo Mamede (2001), estudos sobre o aumento da produtividade concluem que um efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração elevam consideravelmente a produtividade da mão de obra de um serviço.

"Não basta que o canteiro seja repetitivo, há necessidade de que os operários desloquem-se sem interrupção de uma tarefa para outra; ainda mais que dentro da própria tarefa, não podem haver paradas devido a falta de materiais, falta de detalhamento construtivo, etc."(HEINECK, 1991).

Com base nos princípios apresentados, os pré-moldados podem preencher os requisitos para uma melhoria na produtividade da execução de uma alvenaria estrutural. Segundo dados de Medeiros e Sabbatini (1994), a adoção de pré-moldados tem uma consequência no aumento de aproximadamente de trinta por cento na produção de paredes estruturais.

Segundo Mamede (2001), os elementos pré-moldados apresentam diversas vantagens técnico-econômicas que permitem otimizar tanto a execução da obra quanto a qualidade do produto final, principalmente com o desperdício de material. Com o emprego de alguns pré-moldados, chegou-se a redução de vinte e cinco por cento nos custos da alvenaria com a contribuição das peças para acabamentos e arremates posteriores.

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste estudo se deu através de revisões bibliográficas, consultando diversos autores em produções científicas, como livros e artigos, assim como materiais disponíveis na Internet.

Foram apresentadas as justificativas do estudo desta metodologia construtiva devido à necessidade da racionalização na construção civil. Foi apresentado o contexto histórico e aplicações do concreto pré-moldado, assim como os elementos do sistema estrutural esqueleto. O planejamento de montagem de pré-moldados foram divididas em etapas e definidas conforme a revisão bibliográfica.

Foi conceituado também os termos produtividade e logística aplicados aos pré-moldados, pois assim foi possível relacionar os dados coletados referentes a um empreendimento comercial que utilizou a estrutura do edifício pré-moldada com a revisão bibliográfica.

Colheu-se dados diariamente em uma obra que serviu como estudo de caso, relacionados à chegada e montagem de peças. Os mesmos eram anotados para que fosse possível obter informações gerenciais do desenvolvimento do serviço com relação à sua produtividade.

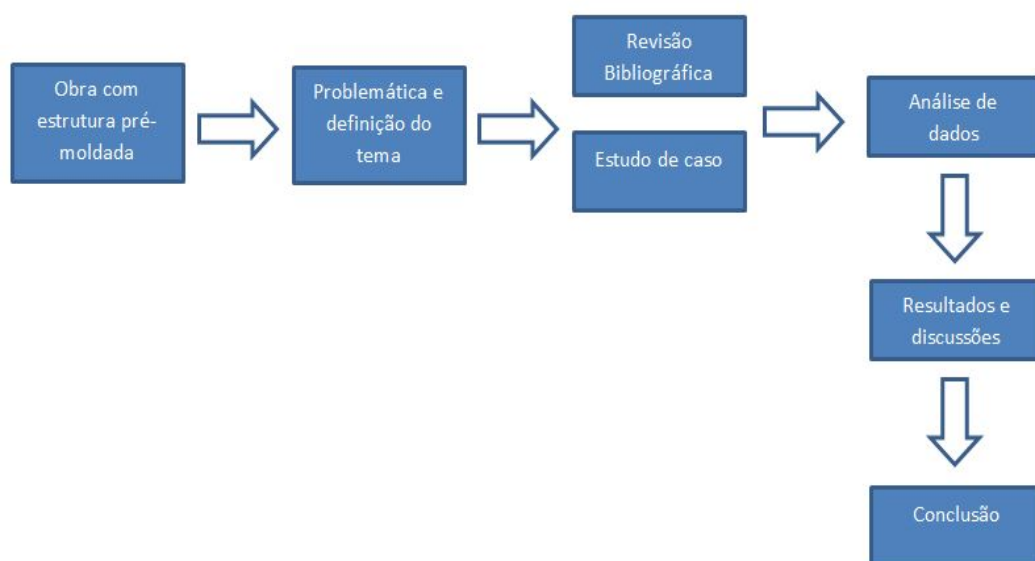
Foram discutidos e analisados os pontos com maior influência no cronograma do serviço de pré-moldados, e posteriormente foram feitas sugestões de melhoria para correção ou minimização da ocorrência de falhas durante a execução deste serviço.

Com a análise das supostas falhas e itens abordados na literatura, foi elaborado uma lista de checagem com itens que devem ser verificados antes e durante o processo produtivo.

4.1 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES

A Figura 8 representa a sequência de atividades adotadas para desenvolvimento do trabalho.

Figura 8 – Fluxograma de atividade



Fonte:Produção do próprio autor, 2017.

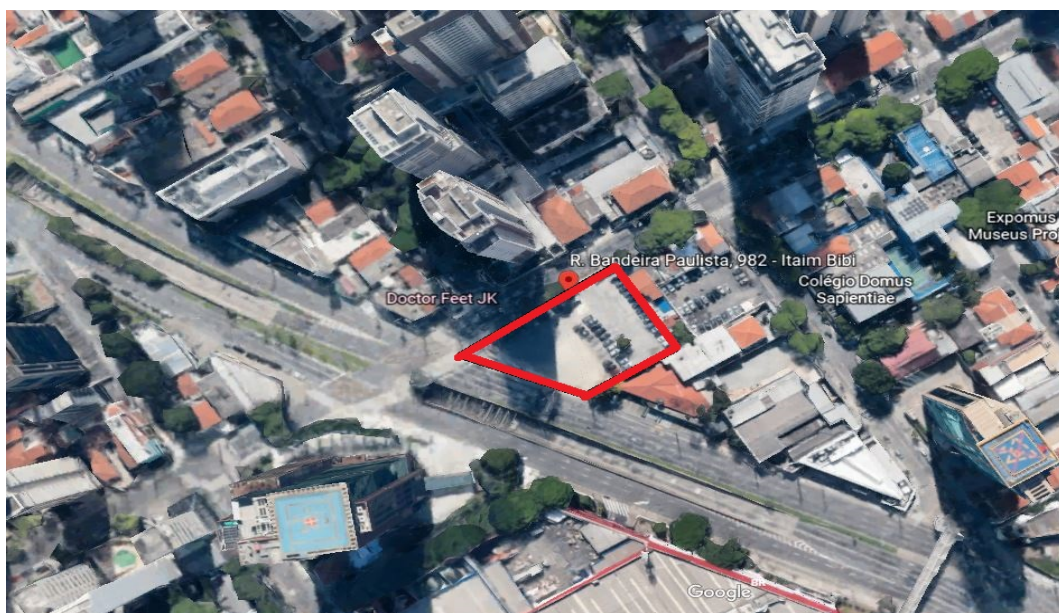
5 DESENVOLVIMENTO

5.1 ESTUDO DE CASO

5.1.1 Descrição da Obra

A obra em questão utilizou a estrutura pré-moldada de concreto e trata-se de uma edificação para uso comercial com três pavimentos, sendo um deles subsolo. Localizada no centro do Município de São Paulo no Bairro Itaim Bibi, com alta visibilidade da edificação e com alto fluxo de pessoas por se tratar de uma região com muitos escritórios. Área na qual rege o decreto municipal número 48.338, que restringe o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no Município de São Paulo. O prazo da obra era de exatamente oito meses desde o início dos serviços até a entrega final, sendo acompanhado os seus avanços semanalmente por visitas de um engenheiro fiscal do cliente. A Figura 9 mostra uma vista de satélite onde se localiza o empreendimento comercial construído.

Figura 9 – Localização do empreendimento comercial no bairro Itaim Bibi



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado Google Earth, 2017.

A obra foi executado por uma construtora de médio porte, com aproximadamente 400 funcionários, que foi responsável também por toda elaboração de projetos do empreendimento. A contratação do fornecedor de pré-moldados foi realizada de modo que os projetos de modulação, cálculo estrutural, produção das peças e execução fossem de sua responsabilidade. Sendo que o projeto realizado atendia exatamente as necessidades do projeto arquitetônico, com a utilização dos seguintes elementos: pilares pré-moldados, vigas pré-moldadas e lajes alveolares. A Figura 10 é uma foto da fachada já finalizada da edificação.

O empreendimento comercial possui uma área construída de 3250,68 metros quadrados, com uma área externa e o subsolo dedicada à estacionamento de veículos, o pavimento térreo sendo o salão de

Figura 10 – Fachada do empreendimento finalizada

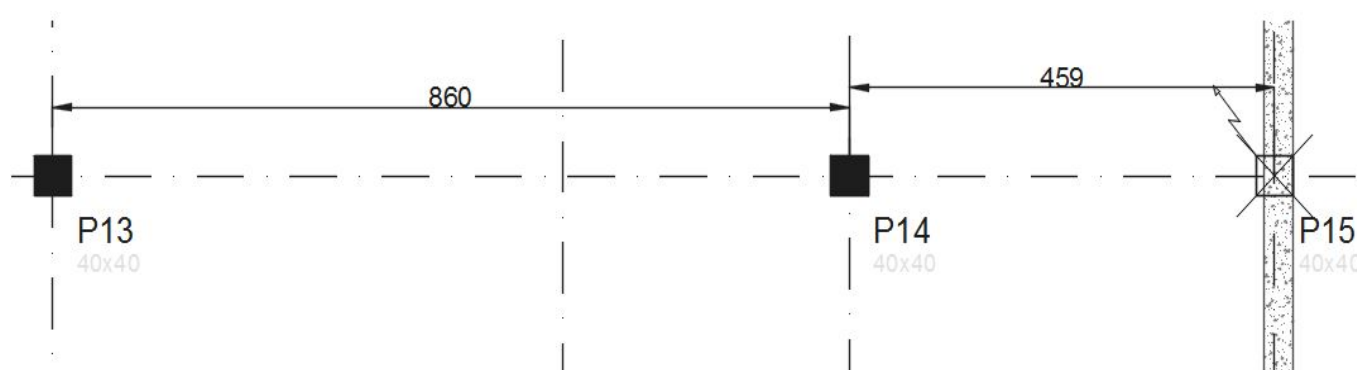


Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

vendas, e no pavimento superior dedicado à escritórios e atendimento ao cliente.

A edificação possui 33 pilares, entre eles alguns apoiados na cortina de contenção do subsolos e outros apoiados no interior do terreno acompanhando os três pavimentos, de até 12,00 metros de comprimento. As lajes alveolares compõem o piso do pavimento térreo, o piso do pavimento superior e a cobertura, totalizando um número de 273 elementos de lajes. As vigas foram distribuídas conforme o sentido de apoio das lajes e totalizam 110 elementos de vigas. Os vãos entre pilares variam até 8,60 metros de comprimento, sendo que por se tratar de uma edificação comercial onde serão posicionadas gôndolas para exposição dos produtos, e ainda é necessário o trânsito de equipamentos e de pessoas, o vão alcançado era muito importante para as funcionalidades do projeto. A sequência de montagem deveria respeitar a seguinte lógica: para que as vigas fossem montadas os pilares em que seriam apoiadas já deveriam estar posicionados, e para a montagem das lajes suas vigas de apoio também já deveriam estar posicionadas. A Figura 11 evidencia os grandes vãos alcançados pela estrutura pré-moldada.

Figura 11 – Distância entre pilares



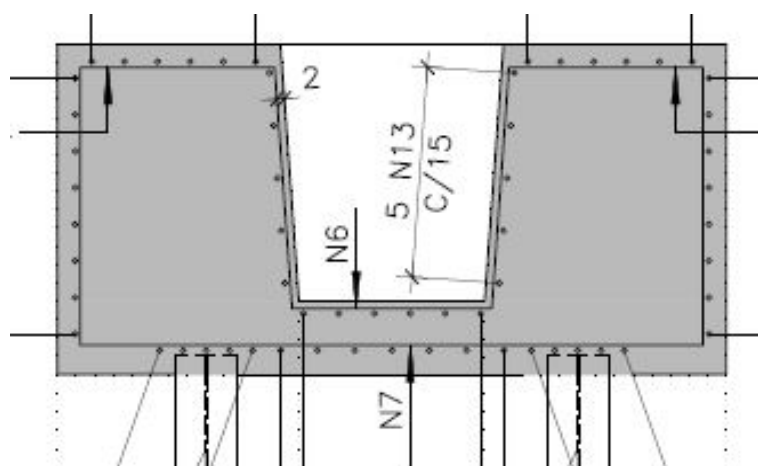
Fonte: Produção do próprio autor, adaptado do projeto de estrutura pré-moldada, 2017.

5.1.2 Acompanhamento da Obra

Acompanhou-se toda execução da obra, e com isso foi possível evidenciar os detalhes a serem utilizados em cada etapa referente ao sistema de estrutura pré-moldada. Dessa forma, as experiências vivenciadas no canteiro de obra puderam enfatizar a necessidade de estabelecer um correto planejamento para execução de edificações utilizando este sistema.

O serviço preliminar para o início de montagem de peças pré-moldadas é a fundação. Foi utilizada a fundação profunda tipo estacas cravadas metálicas com perfil "I" e blocos de coroamento tipo cálice. Todos os cálices eram marcados pela topografia e assim que posicionadas as armações eram conferidas pela mestria da obra, para autorização da concretagem. Na Figura 12 é representado o bloco de coroamento utilizado.

Figura 12 – Bloco de coroamento tipo cálice



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado do projeto de estrutura, 2017.

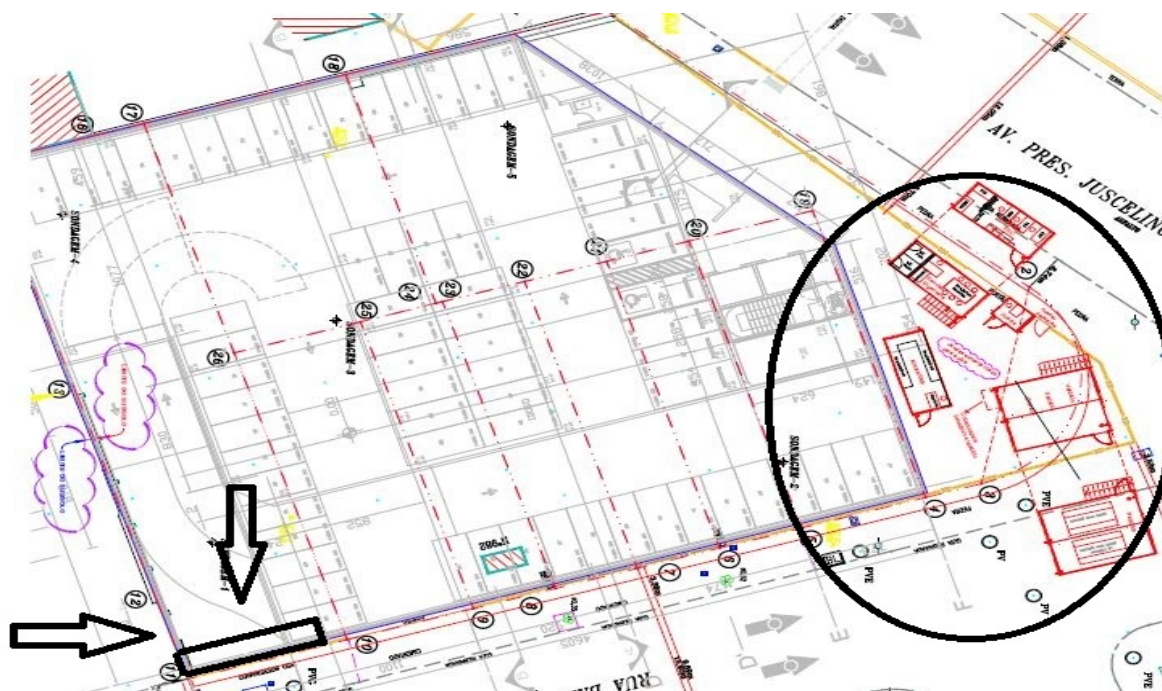
O serviço de fundação em parte, aconteceu simultaneamente com o serviço de montagem de pré-moldados, já que a liberação de áreas com a fundação já concretada permitia essa logística. As peças pré-moldadas eram produzidas, transportadas e armazenadas no canteiro de acordo com o plano de ataque. Como o espaço do canteiro era muito limitado, não era possível armazenar um grande número de peças. A Figura 13 a seguir mostra o leiaute do canteiro.

Como é possível observar representado por um retângulo na Figura 13, a obra só possuía um acesso para os caminhões e equipamentos, consequentemente era o acesso que o guindaste deveria utilizar no momento em que finalizasse a montagem. Portanto, o plano de ataque foi definido para que a área próxima ao acesso fosse a última a ser executada para que não houvesse nenhuma interferência no sentido em que o equipamento se encaminhava. Também é possível visualizar a projeção da edificação no terreno, onde em sua maior parte é destinada a edificação à ser construída. Restando apenas, circulada na Figura 13, uma área pequena destinada às instalações do canteiro (vestiário, refeitório, sala de engenharia, sala de administração e almoxarifado).

Na Figura 14 é possível visualizar o sentido de ataque deste serviço, e também, o posicionamento do guindaste no momento de saída da obra, representado por um retângulo.

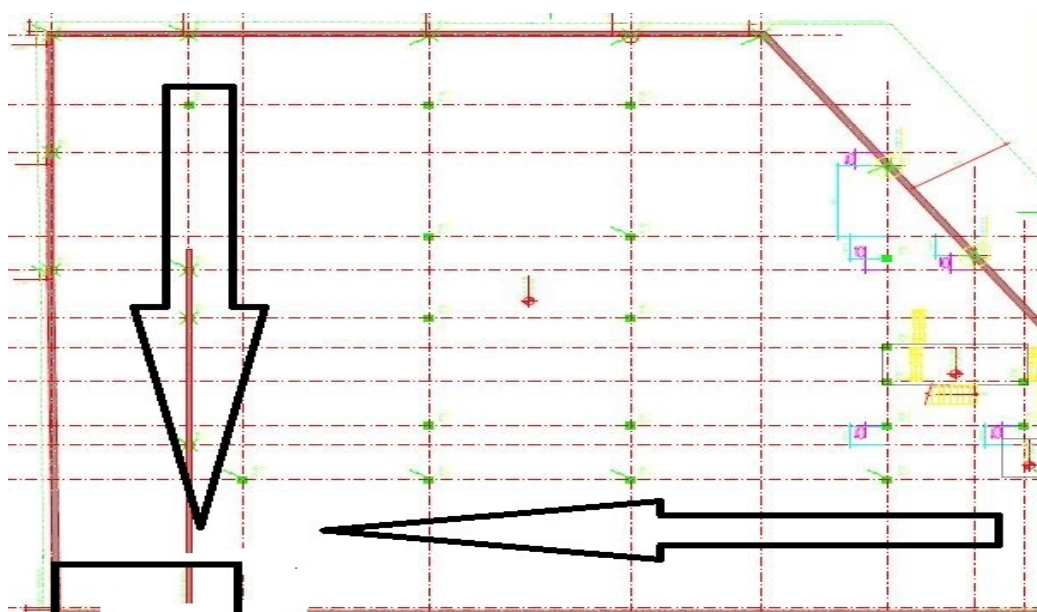
Para este determinado serviço foi escolhido um guindaste com quatro eixos para o içamento das peças, levando em consideração os tamanhos das mesmas e a situação do solo no qual o equipamento

Figura 13 – Leiaute do canteiro



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado do projeto de canteiro, 2017.

Figura 14 – Sentido de ataque dos pré-moldados



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado projeto de pré-moldados, 2017.

deveria se locomover. O trecho do subsolo se encontrava abaixo do nível freático e com o equipamento em movimento o solo poderia perder sua resistência e o guindaste atolar. Este equipamento juntamente com uma plataforma elevatória foram dimensionados pelo fornecedor para atender o prazo, custo, logística necessária para montagem de peças e manter a organização do canteiro. O guindaste era utilizado para descarregamento das peças que chegavam em carretas e também para o posicionamento das peças em seus locais definitivos. Na Figura 15, é representado um guindaste semelhante ao utilizado em obra.

Figura 15 – Imagem do guindaste semelhante ao utilizado em obra



Fonte: XCMG (2017).

Na Figura 16, é representada uma plataforma elevatória semelhante à utilizada em obra.

Figura 16 – Imagem da plataforma elevatória semelhante à utilizada em obra



Fonte: Genie (2017).

A Figura 17 evidencia os caminhões carregados estacionados na rampa de acesso, o guindaste e a plataforma elevatória, como os equipamentos utilizados durante a montagem e também o sentido de ataque em direção ao único acesso de equipamentos da obra, que está circulado.

Por se tratar de uma zona restrita ao trânsito de caminhões, as cargas eram programadas para chegarem na obra depois das 22:00, sendo que eram programadas duas cargas por noite, e os caminhões carregados pernoitavam na obra para que fossem descarregadas na manhã seguinte, e em seguida posicionadas em seu local final. Todas as peças eram descarregadas conforme as recomendações de projeto e posicionadas o mais próximo possível de seu posicionamento final. A data programada para início do serviço era 08/02/2017 e a data para finalização do serviço 11/03/2017.

Figura 17 – Imagem aérea durante o posicionamento de peças de pré-moldados



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

5.1.3 Apresentação de dados

Durante o desenvolvimento da etapa de montagem de pré-moldados foram colhidos dados diariamente referente à chegada das peças, bem como o número de elementos que foram montadas por dia, consequentemente era possível o cálculo da produtividade diária e acumulada. A sequência de chegada de peças e a ordem de montagem foi determinada pelo fornecedor, de acordo com a necessidade apresentada e discutida durante a reunião na qual foi apresentado o plano de ataque sugerido pela construtora. No Anexo A estão apresentadas a lista de peças utilizadas e suas respectivas datas de chegada na obra e montagem. Com esses dados foram calculados os intervalos entre a chegada e montagem de cada peça e estão apresentados no Anexo A. Ressaltando que a data de chegada na obra não representa a data em que a peça estaria disponível para montagem, já que as cargas eram recebidas em obra após as 22:00, e somente descarregadas no dia seguinte. Caso uma peça chegasse às 22:00 do dia 23 de fevereiro, esta data seria anotada, e não a data que fora descarregada, 24 de fevereiro.

Conforme o Anexo A, é possível identificar peças que chegaram na obra e esperaram mais de dois dias para serem montadas. Como as peças chegavam na obra e pernoitavam sem serem descarregadas, o que aconteceria apenas no dia seguinte, o intervalo ideal de montagem seria de apenas um dia, porém considerando um número grande de peças recebidas, com apenas um equipamento para descarregá-las e montá-las no mesmo dia, até dois dias após sua chegada na obra seria um intervalo coerente com a logística aplicada.

Portanto, serão analisadas as peças que possuíram um maior intervalo entre sua chegada em obra e sua montagem, e também fatos que influenciaram diretamente na produtividade do serviço de montagem.

5.1.3.1 Condições do equipamento

No dia anterior ao primeiro dia de montagem, houve uma chuva intensa e, como o solo do local que deveria ser posicionado e patolado o guindaste estava úmido, o equipamento pesado encontrou dificuldades de chegar no local correto. No primeiro dia de montagem, quando o guindaste deveria iniciar sua operação, a equipe de montagem percebeu que ele não estava funcionando. Na Tabela 1 estão apresentados os dados da produtividade diária, e as previsões de término.

Tabela 1 – Produtividade de pré-moldados e tendência de finalização do serviço

Data	Nº de peças	Diária (%)	Média (%)	Acum. (%)	Tend. Diária	Tend. Média
08/fev	Guindaste quebrado	0%	0%	0%	-	-
09/fev	Guindaste quebrado	0%	0%	0%	-	-
10/fev	11,00	3%	3%	3%	21/03/2017	21/03/2017
13/fev	3,00	1%	2%	3%	06/05/2017	10/04/2017
14/fev	29,00	7%	3%	10%	08/03/2017	22/03/2017
15/fev	6,00	1%	3%	12%	13/03/2017	22/03/2017
16/fev	21,00	5%	3%	17%	13/03/2017	21/03/2017
17/fev	28,00	7%	4%	24%	03/03/2017	22/03/2017
18/fev	7,00	2%	4%	25%	17/05/2017	22/03/2017
20/fev	10,00	2%	3%	28%	04/04/2017	21/03/2017
21/fev	31,00	7%	4%	35%	03/03/2017	13/03/2017
22/fev	16,00	4%	4%	39%	18/03/2017	13/03/2017
23/fev	28,00	7%	4%	46%	04/03/2017	11/03/2017
24/fev	4,00	1%	4%	47%	10/03/2017	14/03/2017
25/fev	34,00	8%	5%	55%	10/03/2017	14/03/2017
27/fev	0	0%	5%	55%	10/03/2017	14/03/2017
28/fev	0	0%	5%	55%	10/03/2017	14/03/2017
01/mar	18,00	4%	5%	59%	17/03/2017	14/03/2017
02/mar	19,00	5%	5%	64%	14/03/2017	14/03/2017
03/mar	21,00	5%	5%	69%	13/03/2017	14/03/2017
04/mar	29,00	7%	5%	76%	09/03/2017	14/03/2017
06/mar	23,00	6%	5%	81%	10/03/2017	14/03/2017
07/mar	0	0%		81%		
08/mar	22,00	5%	5%	87%	11/03/2017	14/03/2017
09/mar	8,00	2%	5%	88%	23/03/2017	14/03/2017
10/mar	9,00	2%	5%	91%	14/07/2017	14/03/2017
11/mar	28,00	7%	5%	97%	13/03/2017	13/03/2017
12/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017
13/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017
14/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017

Tabela 1 (Continuação)

Data	Nº de peças	Diária (%)	Média (%)	Acum. (%)	Tend. Diária	Tend. Média
15/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017
16/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017
17/mar	0	0%	4%	97%	18/03/2017	18/03/2017
18/mar	11,00	3%	4%	100%	18/03/2017	18/03/2017

Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Conforme a Tabela 1, pode ser observado que nos dois primeiros dias de montagem não foi produzido nada por causa do equipamento não estar operando. Durante a averiguação do plano de manutenção do equipamento pela equipe de segurança no trabalho da construtora, foi constatado que o documento estava irregular, ou seja, o equipamento não estava recebendo as manutenções conforme a periodicidade informada pelo documento. Por esse motivo, as peças que já estavam aguardando para serem posicionadas no primeiro e segundo dia de montagem, tiveram um intervalo de espera maior que o planejado. Tal problema foi solucionado com a vinda de outro guindaste para cumprir as funções do não operante.

5.1.3.2 Verificação da locação e condições da estrutura *in loco*

Todas as vigas de coroamento, juntamente com seus consolos embutidos, foram locadas e niveladas pela equipe topográfica, já que algumas delas possuíam cálices para solidarização de pilares e consolos de apoio de vigas. Durante o posicionamento de uma viga que seria apoiada no elemento VC 101 (viga de coroamento), a equipe da obra percebeu que um consolo estava na cota errada e que não poderia ser posicionada. Assim, foi necessário então a demolição do consolo e todas etapas necessárias para sua reconcretagem na cota, conforme projeto. Isto gerou um intervalo de montagem elevado para as peças daquela região que foram prejudicadas por esse erro.

5.1.3.3 Plano de montagem

Durante o serviço de montagem de pré-moldados foi registrado também o número de peças que eram posicionadas diariamente. Esse registro tinha como objetivo prever, à partir da produtividade diária e média, quanto tempo ainda seria necessário para a finalização do serviço.

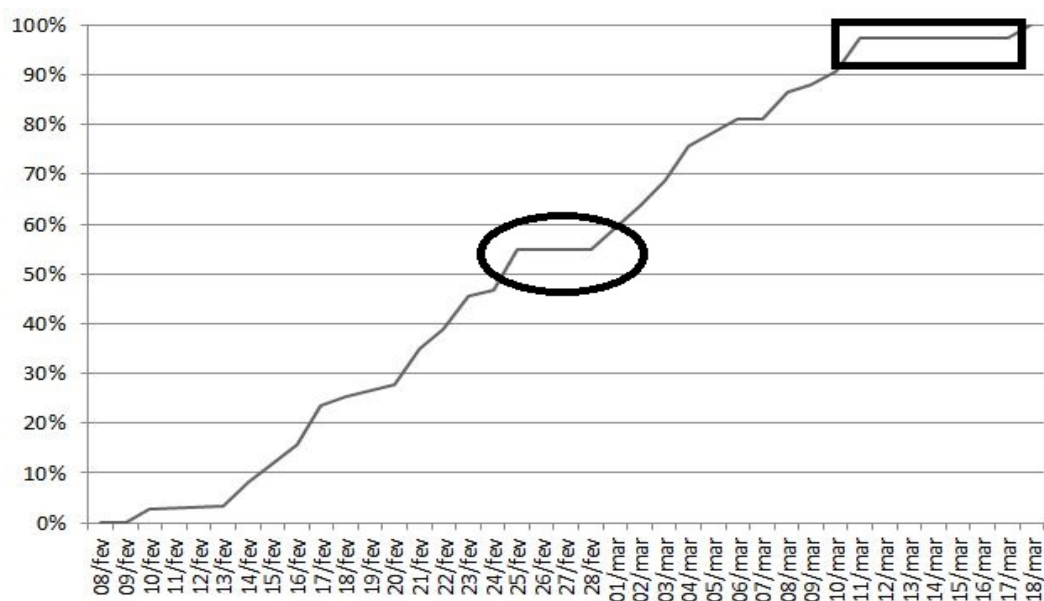
A data de término do serviço de montagem de pré-moldados foi acordada em reunião com o fornecedor para a data de 11 de março de 2017, conforme o cronograma da construtora. É possível observar nas previsões a tendência diária presentes na Tabela 1, que a aproximação da data de reunião aconteceu raramente quando analisada a produtividade diária, já a tendência mostrada pela produtividade média mostrava claramente que a data acordada não iria ser atendida.

Para que o serviço conseguisse se ajustar a data de término acordada, foi necessário que a equipe de montagem fizesse uma mudança em sua estratégia de logística. Por causa da restrição de horários impostas naquela região do município foi decidido que o turno de trabalho da equipe de montagem seria iniciado às 14:00 h para que os caminhões que chegassem na obra a partir das 22:00 h pudessem

ser descarregados no mesmo dia em que chegassem. Esse novo procedimento possuía duas vantagens: no dia seguinte o guindaste já iniciaria o turno montando peças, não gastaria tempo descarregando-as, portanto teria mais chance de posicionar um maior número destes elementos; e também não seria necessário custear a pernoite do caminhão e do motorista na obra, já que na logística anterior o caminhão só seria liberado no dia após sua chegada na obra.

A Figura 18 representa o gráfico da produtividade de montagem de pré-moldados acumulada durante o período de execução do serviço, podendo ser identificado dois pequenos patamares que representam a não montagem de pré-moldados.

Figura 18 – Gráfico da produtividade acumulada



Fonte: Produção do próprio autor, 2017.

Durante a realização do serviço de montagem de pré-moldados, a equipe da construtora foi informada pelo fornecedor que seu subcontratado para fornecimento de lajes alveolares estava com um problema na fábrica e não havia fabricado as peças que deveriam ser entregues nos próximos dias. Então, em decisão com o fornecedor, para que a montagem não fosse prejudicada, e já que a produção das peças de pilares e vigas era do próprio fornecedor de pré-moldados, foi enviada uma carga somente com pilares e vigas para serem montadas durante o período de inconveniência da fábrica de lajes. Conforme é possível observar no Anexo A, a obra ficou sem receber cargas de lajes nos dias 26 e 27 de fevereiro e, somente no dia 28, após o período de restrição, foram recebidas lajes novamente. Este fato está representado pelo trecho circulado na Figura 18.

No período de montagem de apenas pilares e vigas, o planejamento foi muito bem definido para que não houvesse a possibilidade de ser posicionada uma peça que atrapalhasse ou impossibilitasse o guindaste de acessar uma determinada área que ainda não estava finalizada. Com relação à produtividade houve um impacto significativo, pois tiveram dois dias úteis sem montagem de pré-moldados, e um dia de montagem que apenas houve posicionamento de vigas e lajes, causando um prejuízo na montagem de um dos elementos: as lajes.

Como também é possível analisar na Tabela 1, no período entre 12 a 17 de março de 2017,

representado por um retângulo na Figura 18, não houve produtividade de montagem de peças. Este período sem produção ocorreu, pois no único acesso de caminhões e equipamentos da obra, deveria ser executada uma viga de travamento entre as duas vigas de coroamento e o acesso estava exatamente no meio, e enquanto não fosse realizada essa viga não era possível realizar toda a montagem de peças naquela região por questões de segurança na estabilidade da estrutura. Por isso, foi necessária a interrupção de serviços de pré-moldado para a execução desta viga de travamento, e assim que foi concluída, o fornecedor de peças pré-moldadas retornou a obra para finalização da montagem das peças restantes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO

6.1 EQUIPAMENTO DE MONTAGEM

Conforme apresentado no Item 5.1.3.1, o equipamento fornecido pela empresa responsável pela montagem de pré-moldados não apresentava o plano de manutenção do equipamento em dia, um documento obrigatório conforme a norma ABNT NBR 9062:2017.

O fato de não possuir a manutenção em dia pode ter sido um dos fatores causadores do não funcionamento do equipamento no início do serviço. Além disso, as condições de acesso não adequadas no momento da entrada do equipamento também pode ter contribuído na falha do mesmo, sendo também um item abordado, tanto pela norma quanto pela literatura, como responsabilidade da construtora, e que deve estar em ordem para o início do serviço.

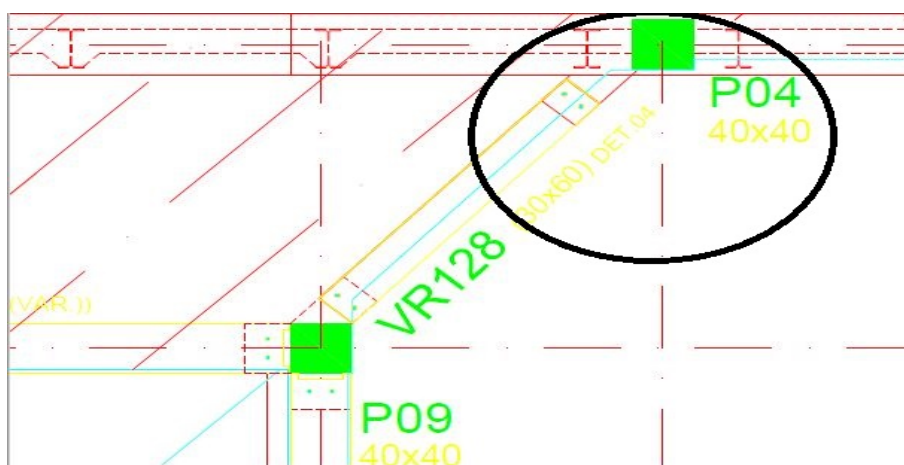
Considerando o incidente, a obra teve dois dias de produtividade nula e um aumento no intervalo em que as peças já descarregadas para montagem ficaram armazenadas no canteiro. Caso este fato não tivesse ocorrido a obra poderia ter um ganho de dois dias no cronograma estipulado para a montagem de pré-moldados.

6.2 VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES *IN LOCO*

No Item 5.1.3.2 foi apresentada uma falha que houve no estudo de caso durante a montagem de pré-moldados por motivo de não conferência prévia das condições de locação e estruturas que possuem influência na interface de montagem de pré-moldados.

O pilar P04 teve um intervalo relativamente alto de montagem, pois o consolo fora de nível fazia parte da estrutura do seu cálice, portanto antes que fosse posicionado teve que esperar que todas as etapas para a correção do consolo fossem concluídas. A Figura 19 mostra a região da peça que teve de ser demolida e concretada novamente.

Figura 19 – Região do pilar P04



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado do projeto de estrutura, 2017.

A equipe contratada para os serviços topográficos possui responsabilidade frente ao seu cliente que todas marcações, locações, nivelamentos e estudos planialtimétricos estejam corretos, desta forma seria muito complexa responsabilizar a equipe da construtora por esta falha. Então, para que não haja dúvidas nem brechas para possíveis falhas, a equipe de montagem poderia fazer um estudo topográfico de todas peças que possuem influência direta na montagem, de maneira a exercer uma contraprova no estudo topográfico já realizado.

Desta maneira, sempre priorizando as peças correspondentes a sequência de montagem, caso houvesse algum erro, ele seria descoberto previamente e sua correção iniciaria o mais rápido possível, minimizando os atrasos por este motivo.

6.3 PLANO DE MONTAGEM

De acordo com o Item 5.1.3.3, durante a execução do serviço de montagem de pré-moldados, a equipe de montagem decidiu mudar a logística para que os prazos acordados fossem respeitados.

O fato da obra pertencer a área de restrição urbana de caminhões, já era de conhecimento do fornecedor no momento da contratação, e deveria ter sido melhor estudado durante o planejamento para que não se tornasse um empecilho para execução da montagem.

A mudança na logística pode não ter influenciado consideravelmente a produtividade na montagem, porém financeiramente houve um grande impacto, já que não foi mais necessário caminhões pernovernarem na obra. Outro ganho com essa mudança foi o espaço que os caminhões ocupavam durante a manhã, quando ainda estavam sendo descarregados, podendo realizar serviços na área da rampa.

Como pode ser observado no Anexo A, os problemas com a não produção de lajes alveolares foram contornados com a montagem de vigas e pilares, porém havendo influência na produtividade. Peças que pertenciam ao final da sequência de montagem foram transportadas para a obra no momento em que o fornecedor subcontratado de lajes alveolares atrasou sua produção. Então, peças que deveriam ser montadas apenas no momento final ficaram no canteiro. As vigas VR 201, VR 202, VR 244, VR 245 e VR 246, que se localizavam próximas a rampa de acesso, e com a volta de cargas de lajes retomada, tiveram que aguardar para serem posicionadas, pois voltou-se a respeitar a sequência de montagem inicial.

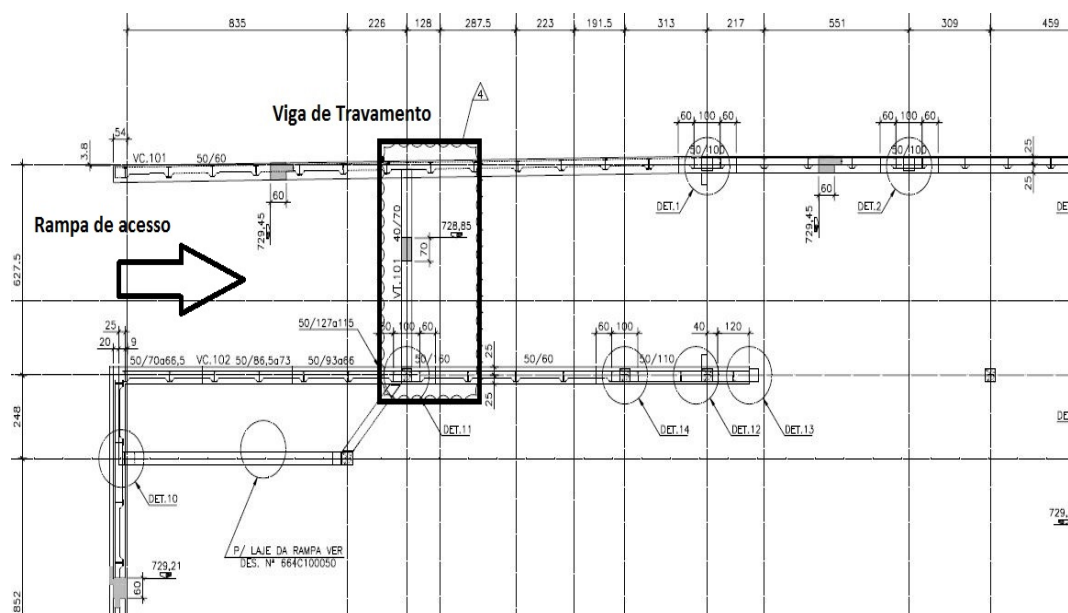
Entre o período de 23 a 28 de fevereiro foram entregues apenas duas cargas de lajes alveolares, sendo que a entrega do dia 28 foi após o horário de restrição, portanto, as peças só seriam montadas no dia 29. Neste período houve dois dias, 27 e 28 de fevereiro, em que o fornecedor não teve como ajustar sua logística, já que não haveriam lajes alveolares, então perdeu-se dois dias de montagem.

Se a construtora tivesse solicitado relatórios periodicamente de produção das peças, de acordo com o plano e sequência de montagem, este problema poderia não ter existido, já que esse fato seria descoberto previamente, e através de ferramentas jurídicas e contratuais, o fornecedor teria produzido as peças no período correto.

A montagem de pré-moldados ter sido nula durante o período de 12 a 17 de março de 2017, seria um caso de logística mais complexo para ser resolvido, pois a obra só possuía um acesso de caminhões, e durante todo o período, ele estava sendo utilizado para entrada das peças pré-moldadas. Por ordens de autoridades da construtora, priorizou-se a montagem de pré-moldados à concretagem da

viga de travamento localizada no meio da rampa de acesso, porém, para a finalização da montagem era necessária a existência da viga de travamento, então no momento em que não foi mais possível a montagem de peças devido a esta questão, a obra iniciou a execução da viga, interrompendo a produção de pré-moldados. É possível verificar a viga de travamento na Figura 20.

Figura 20 – Viga de travamento presente na rampa de acesso



Fonte: Produção do próprio autor, adaptado projeto de estrutura, 2017.

Portanto, não é possível afirmar um ganho no cronograma priorizando um serviço ou outro. Porém, é de extrema importância ressaltar que durante cinco dias úteis seguidos não houve nenhuma produtividade de montagem.

6.4 CONSEQUÊNCIAS NO CRONOGRAMA

Considerando que o serviço de pré-moldados tivesse iniciado conforme a data programada, e que a produtividade média de quatro por cento fosse considerada para todos os dias de montagem, a data final para o serviço caso não tivesse ocorrido nenhuma falha seria no dia 08 de março de 2017.

A montagem real da obra foi finalizada no dia 18 de março de 2017, levando em consideração que não tivesse havido o problema com o equipamento no início da montagem e nem tivesse ocorrido a interrupção de envio de lajes alveolares, o cronograma já teria um ganho de quatro dias. Considerando que em termos logísticos o não posicionamento de lajes alveolares por um determinado período, o ganho no cronograma ainda poderia ser maior.

Assim, desconsiderando a influência da logística das lajes e também o fato da construtora ter priorizados os pré-moldados à concretagem da viga de travamento, que foram fatores que não causaram um ganho explícito no cronograma, o ganho na montagem já seria de quatro dias. Analisando em termos de porcentagem, o serviço de montagem de pré-moldados que durou trinta e quatro dias para ser finalizado, poderia ser diminuído em aproximadamente doze por cento, se aproximando mais com o cronograma acertado com o fornecedor, que inicialmente era 11 de março de 2017.

Além da influência no cronograma, apesar de não ter sido foco de estudo neste trabalho, esses fatos possuem uma grande influência nos custos. Fazendo com que ações que poderiam gerar tal ganho no cronograma, afetem também os custos dessa etapa da obra de maneira positiva.

6.5 *CHECKLIST* DE MONTAGEM DE PRÉ-MOLDADOS

Foi elaborado uma lista de checagem com itens para facilitar o gerenciamento da obra com utilização de pré-moldados, contemplando itens de acordo com a literatura, análises feitas no estudo de caso e também com a opinião de profissionais com experiência na área. A lista de checagem proposta tem como base a mesma subdivisão fornecida pela norma ABNT NBR 9062 (2017) e segundo Doniak (2008). A Tabela 2 lista os itens que devem ser checados antes e durante a montagem dos elementos pré-moldados.

Os itens abordados na lista de checagem são:

- Determinação de acessos;
- Identificação de obstáculos/limitações;
- Avaliação de limitação pelo tamanho e peso do elemento;
- Definição do equipamento;
- Plano de montagem;
- Armazenamento de peças;
- Condições de segurança;
- Verificação da locação e condições de estruturas *in loco* que possam em sua interface impactar na montagem subsequente dos elementos pré-moldados;
- Sequência de montagem;
- Descarregamento;
- Controle de qualidade.

Tabela 2 – Lista de checagem em obras com elementos pré-moldados

Obra:					
Nº	Itens	Aprovado	Reprovado	Data	Ação (se reprovado)
1	Determinação de acessos				Prazo
1.1	Acesso para caminhões que transportam os elementos pré-moldados				
1.2	Condições superficiais: terreno, nível freático e instalações				
1.3	Determinação do trajeto mais adequado até o acesso da obra, levando em consideração ruas da região				
1.4	Verificar se o endereço da obra faz parte de zona de restrição de caminhões, no município				
1.5	Leiaute da obra				
2	Identificação de obstáculos/limitações				
2.1	Avaliar construções vizinhas, árvores, rede de energia elétrica, tubulações, galerias, manilhas e dimensões da rua				
3	Avaliação de limitação pelo tamanho e peso do elemento				
3.1	Informações com relação as dimensões e pesos do elementos que serão utilizados				
3.2	Definir logística que será aplicada durante a montagem				

Tabela 2 (Continuação)

Obra:	
3.2	Eficiência da montagem (Capacidade do equipamento e segurança)
4	Definição do equipamento
4.1	Determinação dos acessos
4.2	Identificação de obstáculos
4.3	Limitação por tamanho e peso do elemento
4.4	Raio de trabalho
4.5	Frequência de operação
4.6	Custo
4.7	Dispositivos auxiliares para içamento (cabos de aço, garras, etc.)
5	Plano de montagem
5.1	Instrução de montagem
5.2	Avaliar detalhes construtivos
5.3	Plano de manutenção de equipamentos
5.4	Acompanhamento de serviços executados e faltantes durante a montagem
5.5	Definição de responsabilidade e autoridade entre o contratante e contratado
5.6	Estabilidade da estrutura durante a montagem
5.7	Avaliar a condições climáticas durante o período de montagem

Tabela 2 (Continuação)

Obra:	
5.8	Verificar o projeto e resolver possíveis dúvidas com o projetista
5.9	Solicitar relatórios periodicamente de peças fabricadas
5.10	Planejar as concretagens para solidarização das peças
5.11	Lista de inspeção de peças recebidas no canteiro
5.12	Definir local para estocagem no canteiro
6	Armazenamento de peças
6.1	Terreno deve estar plano e firme (avaliar condições geotécnicas)
6.2	Apoios
6.3	Não ultrapassar tensões admissíveis
7	Considerações de segurança
7.1	Recomendações do PCMAT
7.2	Recomendações das Normas regulamentadoras
7.3	Considerar o dimensionamento conforme avaliação de tamanho e peso dos elementos e manutenção corretiva e preventiva

Tabela 2 (Continuação)

Obra:	
8	Verificação da Locação e condições de estruturas in loco que possam em sua interface impactar na montagem subsequente dos elementos pré-moldados
8.1	Locação e nível da fundação
8.2	Cotas de topo e fundo de cálices
8.3	Conferência topográfica pela equipe de montagem do fornecedor
8.4	Liberação para montagem apenas posteriormente as conferências
9	Sequência de montagem
9.1	Condições de acesso
9.2	Imposições do cliente
9.3	Interfaces de produção e transporte de elementos
9.4	Serviços preliminares
9.5	Localização do guindaste
10	Descarregamento
10.1	Considerações de projeto
10.2	Determinação de acessórios para içamento das peça
11	Controle de qualidade

Tabela 2 (Continuação)

Obra:	
11.1	Relatórios de controle tecnológico dos elementos pré-moldados (agregados, concreto, aço)
11.2	Relatórios de controle tecnológico de solidarizações concretadas in loco
11.3	Verificação das condições das peças na chegada das mesmas na obra

Responsável pela análise:
Cargo:

7 CONCLUSÃO

O estudo realizado foi importante para o aprofundamento no conhecimento relacionado à teoria e aplicações do concreto pré-moldado. O uso do pré-moldado está diretamente ligado à racionalização da construção civil, que pode trazer consequências muito significativas com relação ao prazo, produtividade e custos das obras.

Segundo os dados da obra em análise, foi possível identificar falhas durante o processo de montagem de pré-moldados que tiveram um impacto direto no cronograma do serviço. No Capítulo 6 as mesmas foram discutidas, e foram propostas ações que poderiam ter como consequência, um ganho de aproximadamente doze por cento no período que foi gasto para execução de montagem de peças pré-moldadas. As melhorias propostas pelo estudo estão relacionadas ao equipamento de montagem, avaliação dos elementos *in loco* que impactam diretamente na montagem e ao plano de montagem aplicado.

A obra em estudo foi executada no município de São Paulo, onde cada vez mais os espaços para execução estão mais confinados. Isto exige que o planejamento e o acompanhamento da obra seja realizado minuciosamente, pois qualquer falha pode afetar negativamente o prazo da obra. Quanto menor for o prazo do empreendimento, a não incidência de erros durante o processo terá maior importância, pois os dias não produtivos em uma obra de curto prazo causarão impactos ainda maiores com relação ao tempo e custo.

No Item 6.5 foi proposto uma lista de itens que devem ser checados durante o planejamento e execução de uma obra com utilização de elementos pré-moldados. Ela tem como objetivo ser uma ferramenta gerencial para que nenhum fator importante deixe de ser analisado, minimizando as chances de falhas.

Apesar da análise dos dados fornecer informações que levaram a discussão de possíveis erros cometidos, existiram peças que apresentaram um intervalo considerável entre a chegada e a montagem, e que não foi possível identificar a causa direta que contribuiu para este fato. Analisa-se que questões desta natureza fazem parte das especificidades relacionadas a cada empreendimento e que, tendo um planejamento com estratégias bem definidas, tais ocorrências podem ser adequadas, sem que isso causa grandes dificuldades para os cumprimentos de prazo e custo da obra.

O trabalho realizado não possui a pretensão de prever todas as falhas possíveis durante o processo produtivo, e sim, propor um instrumento a mais para prevenção de erros e ajudar no gerenciamento da obra. Para solidificar os conhecimentos deste trabalho, propõe-se a realização de estudos relacionados a obras com características semelhantes: canteiro de obras com área restrita, endereço com restrição de circulação de caminhões e obras de curto prazo.

Os estudos complementares poderão solidificar ainda mais as falhas que ocorrem em obras com essas características e também evidenciar erros que não foram registradas neste estudo de caso. Deste modo, será possível sugerir itens de checagem que não foram contemplados neste trabalho. Podendo criar uma ferramenta de melhoria constante, reduzindo cada vez mais as chances de falhas no processo.

REFERÊNCIAS

- ACKER, A. V. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. Salvador: Centro Universitário Estácio da Bahia, 2002.
- ARAUJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. Avaliação de gestão de serviços de construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2001, Fortaleza. Fortaleza, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 9062. [S.l.]: ABNT, 2017.
- BRASIL, X. **XCMG**. 2017. Disponível em: <<http://xcmg-america.com/pt-br/produto/guindaste-br800/#prettyPhoto>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- DAWSON, S. Cast in concrete: A guide to the design of precast concrete and reconstructed stone. **The Architectural Cladding Association**, 2003.
- DEBS, M. K. E. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos - SP: EESC-USP, 2000.
- DEBS, M. K. E. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Paulo - SP: Oficina de Textos, 2017.
- DONIAK Íria L. O. **Manual de montagem de pré-moldados ABCIC/NETPre**. [S.l.]: ABCIC, 2008.
- FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. São Paulo, São Paulo - Brasil: [s.n.], 1992.
- GENIE. **Genie**. 2017. Disponível em: <<https://www.genielift.com/pt/products/boom-lifts/articulating-booms-engine/z3422/index.htm>>. Acesso em: 11 dez. 2017.
- HEINECK, L. F. M. Efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade nas alvenarias. **Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil**, n. 67-75, 1991.
- INSTITUTE, P. C. **PCI Design handbook: precast and prestressed concrete**. Chicago, Estados Unidos: PCI, 1992.
- LAGES, L. E. **Hipódromo da Gávea**. 2017. Disponível em: <<http://luizeduardolages.com/coluna4.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- LOBO, R. N. **Gestão da produção**. São Paulo: Érica, 2010.
- MAMEDE, F. C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. São Carlos, São Paulo - Brasil: [s.n.], 2001.
- MEDEIROS, J. S.; H., S. F. componentes pré-moldados de concreto armado para a construção de edifícios habitacionais. **5th international seminar on structural masonry for developing countries**, v. 1, 1994.
- MELO, C. E. E. Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto. **Pini**, n. 02, 2007.

NASCIMENTO-NETO, S. R.; SERRA, S.; FERREIRA, M. Logística no transporte e montagem de estruturas pré-moldadas de concreto. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 4., 2010, Faro. Faro, 2010.

SALAS, S. J. **Construção Industrializada: pré-fabricação**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1988.

SANTOS, A. de P. **Análise de continuidade em lajes alveolares**: estudo teórico e experimental. Tese (Doutorado) — Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos, São Paulo - Barsil, 2014.

SANTOS, W.; BRANCO, L.; ALVES, P. Utilização de elementos pré-moldados de concreto na construção civil - estudo de caso de uma obra industrial na região metropolitana de belo horizonte. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**, n. 02, p. 01 – 16, 2013.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. Conceitos e diretrizes para a organização da logística em empresas construtoras de edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, 2000.

VASCONCELOS, A. C. de. **O Concreto no Brasil**. São Paulo, SP - Brasil: Studio Nobel Ltda, 2002.

ANEXO A – TABELA DE ACOMPANHAMENTO DE CHEGADA E MONTAGEM DE PEÇAS PRÉ-MOLDADAS

Tabela 3 – Tabela de acompanhamento de chegada e montagem de peças pré-moldadas

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L100	10/mar	11/mar	1	L214	25/fev	25/fev	0
L101	10/mar	11/mar	1	L214	25/fev	25/fev	0
L101	10/mar	11/mar	1	L214	25/fev	25/fev	0
L101	10/mar	11/mar	1	L214	25/fev	25/fev	0
L101	11/mar	11/mar	0	L215	22/fev	23/fev	1
L101	11/mar	11/mar	0	L216	22/fev	23/fev	1
L101	11/mar	11/mar	0	L217	22/fev	23/fev	1
L101	11/mar	11/mar	0	L218	22/fev	23/fev	1
L101	11/mar	11/mar	0	L219	22/fev	23/fev	1
L101	11/mar	11/mar	0	L219	22/fev	23/fev	1
L102	10/mar	11/mar	1	L219	22/fev	23/fev	1
L103	10/mar	11/mar	1	L220	22/fev	23/fev	1
L103	10/mar	11/mar	1	L221	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L222	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L223	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L224	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L225	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L226	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L227	20/fev	21/fev	1
L104	07/mar	08/mar	1	L228	20/fev	21/fev	1
L105	07/mar	08/mar	1	L229	20/fev	21/fev	1
L106	07/mar	08/mar	1	L230	20/fev	21/fev	1
L106	07/mar	08/mar	1	L231	20/fev	21/fev	1
L107	07/mar	08/mar	1	L232	20/fev	21/fev	1
L108	07/mar	08/mar	1	L233	20/fev	21/fev	1
L109	08/mar	09/mar	1	L234	20/fev	21/fev	1
L109	08/mar	09/mar	1	L300	28/fev	01/mar	1
L109	08/mar	09/mar	1	L300	25/fev	25/fev	0
L109	05/mar	06/mar	1	L300	25/fev	25/fev	0
L109	05/mar	06/mar	1	L300	25/fev	25/fev	0

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L109	05/mar	06/mar	1	L301	25/fev	25/fev	0
L109	05/mar	06/mar	1	L302	25/fev	25/fev	0
L110	08/mar	09/mar	1	L303	25/fev	25/fev	0
L111	07/mar	08/mar	1	L304	25/fev	25/fev	0
L111	07/mar	08/mar	1	L305	25/fev	25/fev	0
L111	07/mar	08/mar	1	L306	25/fev	25/fev	0
L112	07/mar	08/mar	1	L307	25/fev	25/fev	0
L113	07/mar	08/mar	1	L307	25/fev	25/fev	0
L114	20/fev	21/fev	1	L307	25/fev	25/fev	0
L114	20/fev	21/fev	1	L307	25/fev	25/fev	0
L114	20/fev	21/fev	1	L307	25/fev	25/fev	0
L114	20/fev	21/fev	1	L308	25/fev	25/fev	0
L114	20/fev	21/fev	1	L309	25/fev	25/fev	0
L114	28/fev	01/mar	1	L310	25/fev	25/fev	0
L114	28/fev	01/mar	1	L311	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L312	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L313	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L314	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L315	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L316	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L317	22/fev	23/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L318	21/fev	22/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L319	21/fev	22/fev	1
L114	28/fev	01/mar	1	L319	21/fev	22/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L319	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L320	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L321	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L322	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L323	21/fev	22/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L324	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L325	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L326	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L327	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L328	20/fev	21/fev	1
L114	01/mar	02/mar	1	L329	20/fev	21/fev	1

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L114	01/mar	02/mar	1	L330	21/fev	22/fev	1
L115	20/fev	21/fev	1	E01	15/fev	16/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	E02	15/fev	16/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	E03	15/fev	16/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	E04	15/fev	16/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	P01	23/fev	24/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	P02	23/fev	24/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	P03	23/fev	24/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	P04	18/fev	08/mar	18
L116	02/mar	03/mar	1	P05	03/mar	04/mar	1
L116	02/mar	03/mar	1	P06	03/mar	04/mar	1
L116	02/mar	03/mar	1	P07	03/mar	04/mar	1
L116	02/mar	03/mar	1	P08	22/fev	23/fev	1
L116	02/mar	03/mar	1	P09	18/fev	20/fev	2
L116	03/mar	04/mar	1	P10	18/fev	20/fev	2
L116	03/mar	04/mar	1	P11	01/mar	02/mar	1
L116	03/mar	04/mar	1	P12	01/mar	02/mar	1
L116	03/mar	04/mar	1	P13	01/mar	02/mar	1
L116	03/mar	04/mar	1	P14	01/mar	02/mar	1
L116	05/mar	06/mar	1	P15	22/fev	23/fev	1
L116	05/mar	06/mar	1	P16	15/fev	16/fev	1
L116	05/mar	06/mar	1	P17	06/fev	14/fev	8
L116	05/mar	06/mar	1	P18	06/fev	16/fev	10
L116	05/mar	06/mar	1	P19	06/fev	14/fev	8
L117	05/mar	06/mar	1	P20	15/fev	16/fev	1
L118	22/fev	23/fev	1	P21	15/fev	16/fev	1
L118	22/fev	23/fev	1	P22	15/fev	16/fev	1
L118	22/fev	23/fev	1	P23	08/fev	10/fev	2
L118	22/fev	23/fev	1	P24	08/fev	10/fev	2
L118	22/fev	23/fev	1	P25	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P26	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P27	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P28	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P29	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P30	08/fev	10/fev	2

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L118	25/fev	25/fev	0	P31	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P32	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	P33	08/fev	10/fev	2
L118	25/fev	25/fev	0	PL01	15/fev	16/fev	1
L118	25/fev	25/fev	0	PL02	15/fev	17/fev	2
L119	21/fev	22/fev	1	PL03	16/fev	17/fev	1
L120	21/fev	22/fev	1	VR101	07/mar	08/mar	1
L121	21/fev	22/fev	1	VR102	05/mar	06/mar	1
L122	21/fev	22/fev	1	VR103	02/mar	03/mar	1
L123	21/fev	22/fev	1	VR104	01/mar	03/mar	2
L124	21/fev	22/fev	1	VR105	02/mar	03/mar	1
L125	21/fev	22/fev	1	VR106	01/mar	03/mar	2
L126	21/fev	22/fev	1	VR107	02/mar	03/mar	1
L127	21/fev	22/fev	1	VR108	01/mar	02/mar	1
L128	16/fev	17/fev	1	VR109	17/fev	18/fev	1
L129	16/fev	17/fev	1	VR110	17/fev	18/fev	1
L130	16/fev	17/fev	1	VR111	18/fev	20/fev	2
L131	16/fev	17/fev	1	VR112	18/fev	20/fev	2
L132	16/fev	17/fev	1	VR113	16/fev	17/fev	1
L133	16/fev	17/fev	1	VR114	12/fev	13/fev	1
L134	16/fev	17/fev	1	VR115	12/fev	14/fev	2
L135	16/fev	17/fev	1	VR116	12/fev	13/fev	1
L136	16/fev	17/fev	1	VR117	12/fev	13/fev	1
L137	16/fev	17/fev	1	VR118	13/fev	14/fev	1
L137	16/fev	17/fev	1	VR119	14/fev	15/fev	1
L138	16/fev	17/fev	1	VR120	14/fev	14/fev	0
L139	16/fev	17/fev	1	VR121	14/fev	16/fev	2
L140	16/fev	17/fev	1	VR122	12/fev	14/fev	2
L141	16/fev	17/fev	1	VR123	12/fev	14/fev	2
L141	16/fev	17/fev	1	VR124	15/fev	20/fev	5
L142	16/fev	17/fev	1	VR125	18/fev	20/fev	2
L143	16/fev	17/fev	1	VR126	22/fev	23/fev	1
L144	20/fev	21/fev	1	VR127	23/fev	24/fev	1
L200	11/mar	11/mar	0	VR128	02/mar	03/mar	1
L201	10/mar	11/mar	1	VR129	12/fev	16/fev	4

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L201	10/mar	11/mar	1	VR130	12/fev	14/fev	2
L201	10/mar	11/mar	1	VR131	12/fev	14/fev	2
L201	10/mar	11/mar	1	VR132	12/fev	14/fev	2
L201	10/mar	11/mar	1	VR133	07/mar	09/mar	2
L201	11/mar	11/mar	0	VR201	23/fev	04/mar	9
L201	11/mar	11/mar	0	VR202	23/fev	04/mar	9
L201	11/mar	11/mar	0	VR203	02/mar	03/mar	1
L202	10/mar	11/mar	1	VR204	07/mar	08/mar	1
L203	11/mar	11/mar	0	VR205	07/mar	08/mar	1
L204	11/mar	11/mar	0	VR206	07/mar	08/mar	1
L204	11/mar	11/mar	0	VR207	02/mar	03/mar	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR208	02/mar	03/mar	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR209	03/mar	04/mar	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR210	03/mar	04/mar	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR211	03/mar	04/mar	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR212	17/fev	18/fev	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR213	17/fev	18/fev	1
L205	18/mar	18/mar	0	VR214	18/fev	20/fev	2
L205	18/mar	18/mar	0	VR215	18/fev	20/fev	2
L206	18/mar	18/mar	0	VR216	16/fev	17/fev	1
L207	18/mar	18/mar	0	VR217	16/fev	17/fev	1
L208	09/mar	11/mar	2	VR218	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	11/mar	2	VR219	12/fev	14/fev	2
L208	08/mar	09/mar	1	VR220	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR221	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR222	13/fev	15/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR223	14/fev	15/fev	1
L208	09/mar	10/mar	1	VR224	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR225	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR226	12/fev	14/fev	2
L208	09/mar	10/mar	1	VR227	13/fev	14/fev	1
L208	09/mar	10/mar	1	VR228	13/fev	14/fev	1
L209	09/mar	10/mar	1	VR229	14/fev	16/fev	2
L209	08/mar	09/mar	1	VR230	14/fev	16/fev	2
L210	18/mar	18/mar	0	VR231	17/fev	18/fev	1

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L211	03/mar	04/mar	1	VR232	22/fev	23/fev	1
L211	03/mar	04/mar	1	VR233	22/fev	23/fev	1
L211	03/mar	04/mar	1	VR234	22/fev	02/mar	8
L211	03/mar	04/mar	1	VR235	01/mar	02/mar	1
L211	03/mar	04/mar	1	VR236	12/fev	14/fev	2
L211	05/mar	06/mar	1	VR237	12/fev	16/fev	4
L211	05/mar	06/mar	1	VR238	12/fev	14/fev	2
L211	05/mar	06/mar	1	VR239	12/fev	14/fev	2
L211	05/mar	06/mar	1	VR240	12/fev	14/fev	2
L211	05/mar	06/mar	1	VR241	07/mar	09/mar	2
L211	05/mar	06/mar	1	VR242	16/fev	17/fev	1
L211	05/mar	06/mar	1	VR243	16/fev	17/fev	1
L211	05/mar	06/mar	1	VR244	22/fev	04/mar	10
L211	05/mar	06/mar	1	VR245	22/fev	04/mar	10
L211	05/mar	06/mar	1	VR246	23/fev	04/mar	9
L211	05/mar	06/mar	1	VR247	12/fev	16/fev	4
L211	05/mar	06/mar	1	VR301	17/fev	18/fev	1
L211	03/mar	04/mar	1	VR302	18/fev	22/fev	4
L212	03/mar	04/mar	1	VR303	18/fev	22/fev	4
L212	03/mar	04/mar	1	VR304	18/fev	20/fev	2
L212	03/mar	04/mar	1	VR305	18/fev	20/fev	2
L213	03/mar	04/mar	1	VR306	12/fev	14/fev	2
L213	03/mar	04/mar	1	VR307	14/fev	15/fev	1
L213	03/mar	04/mar	1	VR308	13/fev	15/fev	2
L213	03/mar	04/mar	1	VR309	14/fev	15/fev	1
L214	22/fev	23/fev	1	VR310	12/fev	14/fev	2
L214	22/fev	23/fev	1	VR311	12/fev	16/fev	4
L214	22/fev	23/fev	1	VR312	14/fev	16/fev	2
L214	28/fev	01/mar	1	VR313	17/fev	18/fev	1
L214	28/fev	01/mar	1	VR314	12/fev	14/fev	2
L214	28/fev	01/mar	1	VR315	13/fev	14/fev	1
L214	28/fev	01/mar	1	VR316	13/fev	14/fev	1
L214	28/fev	01/mar	1	VR317	16/fev	17/fev	1
L214	28/fev	01/mar	1	VR318	16/fev	17/fev	1
L214	25/fev	25/fev	0	VR401	14/fev	16/fev	2

Tabela 3 (Continuação)

Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem	Peça	Entrega	Montagem	Intervalo de monta- gem
L214	25/fev	25/fev	0	VR402	14/fev	16/fev	2
L214	25/fev	25/fev	0	VR403	14/fev	16/fev	2
				VR404	12/fev	17/fev	5
				VR405	12/fev	14/fev	2

Legenda:

- Peças iniciadas com a letra "L" representam as lajes alveolares;
- Peças iniciadas com a letra "P" representam os pilares pré-moldados;
- Peças iniciadas com as letras "VR" representam as vigas pré-moldadas.