

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**GABRIELA SIMÃO BENTO
MARIANA DE ALARCÃO CRUZ**

SISTEMA CONSTRUTIVO DO PRÉ-MOLDADO

ANÁPOLIS - GO

2015

**GABRIELA SIMÃO BENTO
MARIANA DE ALARCÃO CRUZ**

SISTEMA CONSTRUTIVO DO PRÉ-MOLDADO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Carrijo Adorno

ANÁPOLIS / GO: 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

BENTO, GABRIELA SIMÃO. CRUZ, MARIANA ALARCÃO.

Processo Executivo do Pré-moldado

83 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2015/2).

TCC – UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BENTO, G. S. CRUZ, M. A. Processo Executivo do Pré-Moldado. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 83p. 2015/2.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gabriela Simão Bento e Mariana de Alarcão Cruz

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Processo Executivo do Pré-Moldado.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2015/2.

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Gabriela Simão Bento

E-mail: gaby.508@hotmail.com

Mariana de Alarcão Cruz

E-mail: mah_alarcao@hotmail.com

**GABRIELA SIMÃO BENTO
MARIANA DE ALARCÃO CRUZ**

PROCESSO EXECUTIVO DO PRÉ-MOLDADO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**Prof^a. Dr^a. ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, (ORIENTADORA)
UNIEVANGÉLICA**

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 06 de novembro de 2015.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem a graça Dele eu não teria forças para concluir esta jornada. Aos meus pais que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui, que com amor e compreensão, não me deixou desistir, sempre confiou e acreditou em meu potencial. Á minha irmã, que com sua alegria contagiante e pensamentos positivos me incentivava a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me dado força e condições de realizar cada etapa e tornar tudo possível.

A meus pais, meus mestres de vida, e meus irmãos por todo amor, compreensão e força, por lutarem tanto por mim, por estarem sempre ao meu lado, entendendo e me apoiando, nos momentos de angústia, nervosismo. Acreditaram e confiaram em mim, e por isso devo dividir com vocês essa minha grande realização.

A minha amiga e parceira, Gabriela, por toda dedicação e força durante a realização deste trabalho, e também durante esses cinco anos, por cada momento que dividimos, de alegria ou até mesmo de tristeza, e que foram essenciais para que eu não desistisse.

A todos os amigos, feitos dentro e fora da sala de aula, que tornaram tudo sempre mais divertido e prazeroso. Por compreenderem meus momentos ausentes e não desistirem de mim.

Agradeço de coração, aos profissionais da Orca Construtora, pela oportunidade de aprendizado, em especial, a Moisés Calil, por tanta colaboração, dedicação e torcida mesmo de longe, Cleiton Vieira e Valdeni Lima, que me acolheram e por ter compartilhado comigo sabedoria da profissão e vivência diária em obra.

A todos que colaboraram direta e indiretamente, para que, a realização desse projeto de vida tenha se tornado possível, eu digo um muito obrigada!

Mariana de Alarcão Cruz

RESUMO

O sistema construtivo pré-moldado de concreto é uma solução inovadora que, se executada e planejada de forma correta, atende à necessidade do mercado em sua crescente procura de inovações e soluções técnicas para a construção civil. Quando o assunto é construção civil, surgem as preocupações com o meio de produção, custo, tempo, e qualidade. Sendo assim, foi realizada uma revisão literária para descrever todo processo de execução e características próprias das construções em pré-moldado. Os pré-moldados foram descritos em seus aspectos, tais como sistemas disponíveis, vantagens e aplicações. Levando em consideração normas brasileiras registradas, o trabalho descreve os procedimentos de execução desde sua concepção em projeto até o posicionamento final de um elemento. Neste trabalho, procurou-se identificar os assuntos indispensáveis dentro do tema, situações particulares do sistema pré-moldado, como suas ligações e estabilidade estrutural, para atingir o resultado desejado. Finalmente, são apresentados dois estudos de caso, com visitas técnicas, a fim de relatar e ilustrar construções que aproveitaram das inovações do sistema construtivo em pré-moldado de concreto e seu procedimento de execução.

Palavras-chave: Inovações; Pré-moldado; Construção civil; Qualidade.

ABSTRACT

The precast concrete building system is an innovative solution that if planned and executed properly, meets the market's rising demand for innovations and technical solutions for the construction industry. When it comes to construction the concerns are about the means of production, cost, time and quality. Therefore, a literature review was conducted to describe the entire process of application and characteristics of the buildings in precast. The precast was described in aspects such as its systems, advantages and applications. Taking into consideration registered Brazilian standards, this paper describes the implementation procedures since its inception in design to the final position of an element. In this paper, we looked forward to identify the essential issues within the theme, precast system, as its connections and structural stability to achieve the desired result. Finally, it also presents two case studies, including technical visits in order to report and illustrate constructions that took advantage of the innovations of the building system of precast concrete and its execution procedure.

Keywords : Innovations; Precast; Construction; Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Apartamentos para professores da Universidade de Brasília, Colina, 1962.....	15
Figura 2-Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo – CRUSP, 1964.....	15
Figura 3-Edifícios da Camargo Corrêa Brasília-DF, 1974.....	15
Figura 4-Sistema aporticado.....	27
Figura 5-Sistema de estrutura aporticado.....	27
Figura 6-Configuração sistema aporticado com núcleo central.....	28
Figura 7-Soluções variantes para a largura das vigas para apoio de piso.....	29
Figura 8-Edifício de painéis estruturais.....	30
Figura 9-Residência com sistema de parede integral.....	31
Figura 10-Painéis alveolares protendidos.....	33
Figura 11-Sistema celular de banheiro.....	34
Figura 12-Fluxograma de produção.....	38
Figura 13-Deformação principal da estrutura contraventada.....	44
Figura 14-Carregamento em almofadas de elastômero.....	47
Figura 15-Ancoragem por traspasse.....	47
Figura 16-Dispositivos metálicos como ligação.....	48
Figura 17-Capeamento das lajes.....	49
Figura 18-Consolos de concreto.....	49
Figura 19-Concretagem do piso, utilização de niveladora a laser.....	57
Figura 20-Medição através do processo F-Numbers.....	57
Figura 21-Gráfico de medição de piso, captados pelo processo F-Numbers.....	58
Figura 22-Silos de cimento da usina no canteiro de obra.....	59
Figura 23-Canteiro de obras, estocagem de armações.....	59
Figura 24-Espaço reservado para carpintaria.....	60
Figura 25-Perfuratriz executando o furo para estaca.....	61
Figura 26-Execução de bloco de concreto.....	61
Figura 27-Distribuição de cordoalhas em armação de viga de pós-tensão.....	62
Figura 28-Tensionamento de viga.....	62
Figura 29-Amarração de vigas e pilares.....	63
Figura 30-Resumo de detalhamento de alças.....	63
Figura 31-Viga com alças e armadura antes da concretagem.....	64
Figura 32-Transporte de armação para pista de concretagem.....	64

Figura 33-Transporte e montagem de pilar.	65
Figura 34-Montagem de fôrmas de pilar.	66
Figura 35-Montagem de fôrmas de pilar.	66
Figura 36-Montagem de fôrmas.	67
Figura 37-Concretagem de peças com utilização do caminhão betoneira e vibrador.	68
Figura 38-Acabamento em peças feito por meio de lixadeira.	68
Figura 39-Transporte da peça através de ligação entre laço 8 e guindaste.....	69
Figura 40-Montagem de pilar pré-moldado.....	70
Figura 41-Execução de formas de cálice em bloco de concreto.....	70
Figura 42-Montagem de pilar e encaixe em cálice de bloco de concreto.....	71
Figura 43-Pilares concretados com consolos e pinos.	72
Figura 44-Ligação Viga-pilar através de consolos.	72
Figura 45-Montagem de vigas intermediárias.	73
Figura 46-Estrutura com vigas pré-moldas intermediárias montada.	73
Figura 47-Estrutura em elementos pré-moldados.....	74
Figura 48-Passagem de tubulação de água pluvial.	74
Figura 49-Revestimento em ACM em pilares e Tubulações.....	75
Figura 50-Painéis de fechamento isolantes térmicos.....	76
Figura 51-Estrutura em pré-moldado e estrutura metálica.	76
Figura 52-Telhas de cobertura zipada.	77
Figura 53-Foto panorâmica de prédio ampliação CD.	77
Figura 54-Finalização de prédio Efervescentes, com plantio de grama.	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tolerância de fabricação para elementos pré-moldados

36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCI	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO
ABCP	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ACI	AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
ACM	ALUMINIUM COMPOSITE MATERIAL
BNH	BANCO NACIONAL DE HABITAÇÃO
BSI	BRITISH STANDARD INSTITUTION
ENECE	ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL
FF	FLOOR FLATNESS
FL	FLOOR LEVELNESS
FIP	INTERNATIONAL FEDERATION OF PRESTRESSING
IPT	INSTITUTO DE PESQUISAS TECNÓLOGICAS
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
NBR	NORMA BRASILEIRA REGISTRADA
PPC	PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Projeto estrutural de detalhamento de consolos

ANEXO II - Projeto estrutural de detalhamento de pilar

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 METODOLOGIA.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3 VANTAGENS E APLICAÇÕES	24
4 OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS.....	26
4.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM ESQUELETOS E SISTEMAS APORTICADOS.....	26
4.2 PAINÉIS ESTRUTURAIS	29
4.3 FACHADAS EM CONCRETO ARQUITETÔNICO.....	31
4.4 SISTEMAS PRÉ-MOLDADOS PARA PISOS	32
4.5 SISTEMAS CELULARES	34
5 PROCESSO EXECUTIVO.....	35
5.1 PROJETO.....	35
5.2 FABRICAÇÃO.....	37
5.3 MANUSEIO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	40
5.4 MONTAGEM.....	42
6 ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS.....	43
6.1 ESTRUTURAS NÃO CONTRAVENTADAS.....	43
6.2 ESTRUTURA CONTRAVENTADAS.....	44

7	LIGAÇÕES	46
8	CONTROLE DE QUALIDADE	51
9	ESTUDO DE CASO	54
9.1	ESTUDO DE CASO – BRAINFARMA.....	54
9.1.1	Sobre a Hypermarchas S/A e a Barinfarma.....	54
9.1.2	Sobra as obras da Brainfarma.....	55
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

1 INTRODUÇÃO

A estrutura pré-moldada é aquela em que os elementos estruturais, pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. A norma NBR 9062 (ABNT/2001) define como pré-moldado o elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade. E elemento pré-fabricado, o pré-moldado que é executado industrialmente.

Aumento de qualidade do empreendimento ao mesmo tempo em que se diminuem prazo de execução, custo e desperdício. Nesta frase se resume uma das maiores preocupações dos canteiros de obra e por isso a necessidade de inovação e mudanças que beneficiam o setor da construção civil. A introdução de elementos pré-moldados prometeu atender a tudo isso quando surgiu.

Segundo Ordonéz (1974), foi no período pós Segunda Guerra Mundial, em especial na Europa, que começou a história da pré-fabricação como “manifestação mais significativa da industrialização na construção”. Entre 1950 e 1970, a utilização intensiva do pré-fabricado em concreto deu-se em função da necessidade de se construir em grande escala, por falta de edificações tanto habitacionais, quanto escolares, hospitalares e industriais.

No Brasil, há registros que a primeira grande obra em elementos pré-moldados refere-se ao Hipódromo da Gávea, Rio de Janeiro. A empresa construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen, com filial no Brasil, executou, em 1926 a obra completa do hipódromo, com diversas aplicações de elementos pré-fabricados, dentre eles, as estacas nas fundações. Porém, a preocupação com a racionalização e a industrialização de sistemas construtivos teve início apenas no fim da década de 50. Conforme Vasconcelos (2002), na cidade de São Paulo, foram executados vários galpões industriais pré-moldados no próprio canteiro de obras.

Com relação à edifícios de múltiplos pavimentos, no Brasil um dos pioneiros foi em 1962 com os Apartamentos para professores da Universidade de Brasília, Colina, Brasília- DF (Fig 1). O conjunto de quatro prédios de apartamentos possui estruturas formadas por vigas de seção U protendidas. Os pisos dos apartamentos são lajes nervuradas protendidas e as fachadas são vedadas por painéis pré-moldados de concreto.

Outros exemplos de construção utilizando a tecnologia de pré-moldados estão ilustrados nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 apresenta o conjunto Residencial da Universidade de São Paulo – CRUSP da cidade universitária Armando Salles de Oliveira, em São Paulo, de 1964. Já a Fig.3 ilustra os Edifícios da Camargo Corrêa, Brasília-DF, de 1974 que utilizaram

placas pré-moldadas para fechamento e lajes pré-moldadas que se apoiam em caixões pré-moldados nas fachadas e pórticos centrais, moldados in loco.

Figura 1-Apartamentos para professores da Universidade de Brasília, Colina, 1962



Fonte: Portal Piniweb- arquiteto João Filgueiras Lima, 1962

Figura 2-Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo – CRUSP, 1964



Fonte: CRUSP, 1964

Figura 3-Edifícios da Camargo Corrêa Brasília-DF, 1974



Fonte: Portal Piniweb, 1974

Segundo a Associação brasileira da construção industrializada - ABCI (1980), a preocupação com a racionalização, ou com a industrialização aparece de forma sistemática apenas no início da década de 60. Neste momento, o crescimento da população urbana obtinha índices nunca antes vistos no Brasil, e esse crescimento causava grandes problemas de déficit

habitacional, sendo necessária em 1966 a criação, por parte do governo, do Banco Nacional da Habitação - BNH, que tinha como objetivo diminuir esse déficit e dar impulso ao setor da construção civil. O banco BNH adotou novas diretrizes para o setor, passando a estimular, a introdução de novas tecnologias.

Em busca de alternativas tecnológicas para a construção habitacional, o BNH e seus agentes patrocinaram a pesquisa e o desenvolvimento de alguns processos construtivos a base de componentes pré-fabricados e organizaram a instalação de canteiros experimentais, como o Narandiba, na Bahia, em 1978. Contudo, a construção destes edifícios apresentou muitos problemas patológicos. Após estudo detalhado, o IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas chegou à conclusão que a recuperação era inviável, técnica, e economicamente, recomendando a demolição. Os motivos que levaram o IPT a esta conclusão estavam relacionados ao uso de material inadequado na confecção dos painéis, à execução precária das peças estruturais dos edifícios e à corrosão generalizada das armaduras dos elementos estruturais como pilares.

Após fatos como este, os pré-fabricados praticamente deixaram de existir na década de 80, tendo seu retorno apenas na década de 90, devido principalmente ao desenvolvimento da cidade de São Paulo, que passou a receber grandes investimentos na área de serviços, que proporcionou um aumento na construção de shopping centers e hotéis. Segundo a Associação brasileira de cimento portland – ABCP (2005), a primeira empresa a colocar os painéis de fachada como produto de mercado foi a *Stamp*, que trouxe a tecnologia do Canadá. Isso em 1994, com as obras do *Condominium Club* Ibirapuera em São Paulo, a partir de então vem crescendo sua utilização como alternativa para a construção civil.

Observa-se nos dias atuais, o surgimento de diversas novas tecnologias e a criação de sistemas cada vez mais eficientes de pré-fabricação e que podem ser combinados com outros sistemas construtivos. O sistema construtivo em pré-moldados ganhou espaço e hoje ocupa um lugar de destaque no setor da construção devido também ao leque de opções de elementos disponíveis. Para se agregar a vantagem da velocidade na construção do edifício, ressalta-se que o processo deve ser cuidadosamente planejado. Para garantir as vantagens que a estrutura pré-moldada promete, há disponível no mercado a NBR 9062- Projeto e Execução de Estruturas Pré-moldadas. A norma dita o correto procedimento para chegar a uma construção de qualidade. Passando pelo método de cálculo e projeto, produção, transporte, execução e controle de qualidade.

1.1 JUSTIFICATIVA

O emprego de novos materiais e métodos construtivos pela indústria da construção civil está se tornando cada vez mais indispensável para as empresas possam sobreviver no mercado. A demanda por uma construção mais limpa e racional, melhor aproveitamento de recursos e agilidade requer utilização de componentes e processos padronizados. Nesse contexto, os elementos pré-moldados cumpre um papel essencial. O aumento da utilização do concreto pré-moldado em sistemas estruturais oferece a oportunidade para tal mudança no processo de produção da construção civil.

É importante frisar que para garantir a qualidade do produto final, depende de todo o processo controlado desde projeto. Assim, viabilizou o estudo do Sistema construtivo de Pré-moldado, buscando eficiência e qualidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é descrever o sistema construtivo e processo de produção de obras que utilizam como tecnologia o pré-moldado. O trabalho se fundamenta na busca do mercado atual por produtos eficientes e obras com nível de qualidade alto. A qualidade de um projeto depende de conhecimento e acompanhamento de todas as etapas constituintes.

1.2.2 Objetivos Específicos

Relatar os cuidados gerais com relação ao projeto;

Descrever as técnicas de produção de elementos pré-moldados de acordo com a norma pertinente;

Apresentar o método de execução utilizando diferentes tecnologias disponíveis;

Descrever as etapas de controle de qualidade e inspeção.

Estudo de casos de obras que utilizaram sistemas construtivos em concreto pré-moldado enfatizando as características próprias e métodos construtivos.

1.3 METODOLOGIA

Para a realização desse projeto buscamos referências bibliográficas para conhecimento geral da história inicial do pré-moldado, seu surgimento, primeiras execuções e seu desenvolvimento em geral, necessidades e utilizações. Foi realizado um estudo de caso em uma obra onde são usados pré-moldados, visitas técnicas em obras e em fabricas de elementos pré-fabricados. A revisão bibliográfica e análise na prática é uma união perfeita para dominar o tema e tornar possível concluir um trabalho rico em informações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Sabbatini (1989), “evoluir no sentido de aperfeiçoar-se como indústria é o caminho natural da construção civil”. Portanto, industrializar-se para a construção é sinônimo de evoluir. Pode-se afirmar que a pré-fabricação é um instrumento de grande potencial para incrementar os níveis de industrialização dos processos construtivos mediante suas inúmeras vantagens.

O uso de elementos em concreto pré-moldado em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir inovadora, econômica, durável, estruturalmente segura e com vantagens arquitetônicas. Segundo Arnaldo Van Acker, comparado aos métodos de construção tradicionais e outros materiais de construção, os sistemas pré-moldados, como método construtivo, e o concreto, como material, têm muitas características positivas. É uma forma industrializada de construção com muitas vantagens. “A própria existência de uma indústria de concreto pré-moldado e os numerosos projetos de construções bem sucedidas alcançados com concreto pré-moldado, para a totalidade ou apenas uma parte da estrutura, é uma prova de que a técnica é prática e econômica” (ELLIOT, 2002).

Para que todas as vantagens do concreto pré-moldado sejam potencializadas, a estrutura deve ser concebida de acordo com uma filosofia específica do projeto (FIP 2002). A NBR 9062 fixa as condições exigíveis no projeto, na execução e no controle de estruturas pré-moldadas de concreto armado ou protendido. De acordo com o autor Acker (2002), os projetistas devem considerar as possibilidades, as restrições e vantagens da utilização do concreto pré-moldado, seus detalhes, produção, transporte, montagem e estados de serviço antes de completar o projeto de estrutura.

“Considerando a indústria de pré-moldados, existe aparentemente um grande número de sistemas e soluções técnicas para as construções pré-moldadas. Entretanto, todos estes fazem parte de um número limitado de sistemas estruturais básicos, onde os princípios do projeto são semelhantes” (FERREIRA, ABCIC-2003). Há vários tipos de sistemas estruturais. São elas: estruturas aporticadas, em esqueleto, painéis estruturais, estrutura para pisos, sistema de fachadas e sistemas celulares. Nos próximos capítulos, estes serão apresentados e detalhados, sendo evidenciado a diferença entre eles. “Cada material ou sistema construtivo tem suas próprias características, as quais de forma maior ou menor influenciam a tipologia, o comprimento do vão, a altura da edificação, os sistemas de contraventamento, etc” (FIP 2002). A escolha de um sistema depende do programa de necessidades da obra. Uma preocupação dos

engenheiros com relação a estes sistemas é a sua estabilidade estrutural. De acordo com o autor Arnold Van Acker as estruturas pré-moldadas possuem um comportamento diferente das estruturas moldadas no local, devido principalmente à presença de ligações, modificando o conceito de estabilidade de estrutura. Aprofundando ainda no conceito, o autor afirma “a estabilidade das estruturas pré-moldadas deve ser garantida por meio de sistemas apropriados de contraventamento, de fácil execução no canteiro: engastamento dos pilares nas fundações, rigidez horizontal das paredes de cisalhamento, cobertura, e combinações dos sistemas anteriores”.

O assunto de ligações dentro do tema é um dos tópicos considerados mais importantes. A qualidade do projeto de um sistema estrutural depende do conhecimento que se tem quanto ao seu comportamento. No caso de estruturas pré-moldadas, o desempenho estrutural depende do comportamento das ligações. Cheok & Lew (1991) e Stanton (1986) consideram que as ligações estão entre as principais dificuldades técnicas para o desenvolvimento das estruturas pré-moldadas. Segundo estes autores pela falta de conhecimento sobre as ligações. Atualmente o cumprimento fiel a norma NBR 9062 garante o bom desempenho da estrutura. A norma dita as ligações permitidas bem como seus critérios de escolha e métodos de cálculo. Segundo a NBR 9062/2001 “O projeto das ligações deve ser feito após minucioso estudo das possíveis solicitações em serviço e também na fase de montagem”. As ligações são escolhidas quando solicitadas predominantemente por compressão, ou tração, por meio de consolos de concreto. De acordo com o Manual de sistemas pré-moldados de concreto traduzido pela ABCIC, o autor Acker (2002) descreve as considerações quanto às ligações;

O projeto de ligações estruturais em construções pré-moldadas deve considerar uma variedade de critérios relacionados com o comportamento estrutural, tolerâncias dimensionais, resistência ao fogo, durabilidade e manutenção, facilidade de manuseio e montagem. Ligações estruturais são geralmente compostas por um número de componentes que garante a transferência de forças através da ligação como: juntas de preenchimento, tirantes de barras e outros dispositivos de acoplamento, barras ancoradas e zonas de ligação dos elementos pré-moldados interligados.

“Em termos de resistência e durabilidade o concreto como material está no topo dentre as possibilidades” (ELLIOT, 2002). O uso dos materiais para chegar ao produto final está regido por várias normas da ABNT. Aos aglomerantes, aos agregados e à água aplica-se o disposto na NBR 6118 (ABNT, 2014). As dosagens também são regidas pela mesma. As barras de aço e fios empregados nos elementos deve obedecer à NBR 7480 (ABNT, 2007). Aos lubrificantes e pinturas aplica-se o disposto na NBR 7197 (ABNT, 1989). Para bainhas da armadura de

proteção temos como base a mesma, NBR 7197 (ABNT, 1989). Todos os materiais empregados devem passar por um processo de gestão de qualidade e obediência às normas em vigor.

Durante o processo de execução, os encarregados da produção e do controle devem estar sempre munidos dos manuais técnicos que são encaminhados através da direção da empresa responsável pelos trabalhos, que apresentem de forma clara e precisa os procedimentos que seguem a seguinte etapa:

- Formas;
- Armadura;
- Concreto;
- Protensão;
- Liberação da armadura pré-tracionada;
- Manuseio e armazenamento dos elementos;
- Tolerâncias.

A fôrma pode ser considerada como o conjunto de componentes cujas funções principais são:

- Dar forma ao concreto (molde);
- Conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência;
- “Proporcionar textura à superfície do concreto”(MELHADO, 1998)

As formas devem dar caracterização e molde à peça; a estrutura do molde é o que dá sustentação e travamento; os escoramentos é o que dá apoio à estrutura da forma sendo os acessórios, componentes utilizados para nivelamento, prumo e locação das peças.

A forma é um elemento transitório, isto é, não permanece incorporado ao edifício tendo uma significativa participação no custo da obra como um todo. É uma parte da obra que merece estudos específicos para sua racionalização e, portanto, melhor aproveitamento e, conseqüentemente, redução de custos (MELHADO, 1998).

Os aços a serem utilizados na confecção de uma peça de pré-moldado podem ser constituídos de barras, fios, telas soldadas e cordoalhas. Devido a excelente resistência à tração e à compressão, o aço é empregado a esse tipo de estrutura, pré-moldada, devido à baixa resistência que o concreto tem à tração, sendo assim como um complemento à essa estrutura, fazendo com que obtenha uma significativa resistência.

O processo de acompanhamento de produção de uma armadura, vai da compra, passa por estocagem, corte, dobra, pré-montagem, transporte, e montagem; e o encarregado deve estar

atento ao controle de qualidade em cada mudança de passo no processo, estando corretas as peças são finalmente montadas nas formas que já estão preparadas para recebê-las.

“Terminada a operação de corte do aço, é necessário que se preceda o controle da mesma, verificando as dimensões do cortado, com o especificado em projeto” (MELHADO, 1998).

A concretagem segue a seguinte etapa:

- Lançamento;
- Adensamento;
- Cura.

O concreto utilizado poderá ser produzido na obra ou comprado de alguma central de produção, no entanto, seja qual for a sua procedência, deverá ser devidamente controlado antes de sua aplicação, sendo que, os ensaios mais comuns para o recebimento do concreto são o *slump-test* e o controle de resistência à compressão (f_{ck}) (MELHADO, 1998).

Com a chegada do concreto ao local da obra, é necessário avaliar se ele está de acordo com o pedido, conferir com o documento de entrega, antes que seja descarregado, verificar se a quantidade de água está compatível, para que não haja falta ou excesso de água.

O concreto pode ser lançado de forma convencional, através de carrinhos ou jericas, ou através de lança-bomba ou caminhão betoneira. E ao ser lançado alguns cuidados devem ser tomados, como por exemplo, a altura, a temperatura ambiente, e direção em que são lançadas as camadas.

Durante ou imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser adensado por vibração, centrifugação, ou prensagem, permitindo-se a adoção de mais de um desses métodos, concomitantemente. Poderão ser adicionados aditivos aos concretos, com o objetivo de acelerar ou retardar a pega, acelerar ou retardar o desenvolvimento da resistência nas idades iniciais, reduzir o calor de hidratação, melhorar a trabalhabilidade, reduzir a relação água/cimento, desde que atendam as especificações da norma.

Após o término da concretagem e ultrapassado um tempo mínimo para a cura do material, deve ser realizado o seguinte procedimento para desforma:

- Respeitar o tempo de cura para início da desforma;
- Retirada dos painéis com cuidado para não haver quebra da peça;
- Fazer a limpeza dos painéis;
- Verificar o concreto das peças deformadas (MELHADO, 1998).

Nas peças de concreto são içadas alças, as quais são detalhadas em projeto, para que os elementos de pré-moldados sejam suspensos para seu manuseio, através de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, da mesma forma deve-se proceder na hora da descarga do elemento.

Segundo a NBR 9062/2006 para o armazenamento podem ser formadas pilhas, intercalando-se dispositivos de apoio para evitar o contato das superfícies de concreto de dois elementos superpostos. Estes apoios devem situar-se em regiões previamente determinadas pelo projeto e devem ser constituídos ou revestidos de material suficientemente macio para não danificar os elementos de concreto.

O controle de qualidade e inspeção de todas as etapas de produção, segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006). Devem ser executados de forma a garantir o cumprimento das especificações do projeto.

Sendo assim todas as etapas devem estar adequadas e seguindo detalhadamente cada solicitação da norma específica de cada uma delas, para que os requisitos exigidos sejam atendidos de forma satisfatória.

3 VANTAGENS E APLICAÇÕES

As peças pré-moldadas ou pré-fabricadas podem ser utilizadas amplamente na construção civil, sendo parte da construção de hotéis, escolas, estádios, bem como de outras obras de infraestrutura urbana, como pontes e túneis.

Comparado aos métodos construtivos tradicionais e outros materiais, as estruturas pré-moldadas como método construtivo, associado ao concreto, como material, têm inúmeras vantagens. Menor tempo de construção é um grande atrativo, pois a demanda atual por um rápido retorno do investimento está se tornando cada vez mais e mais importante. A possibilidade de realizar tarefas simultâneas traz resultados rápidos para finalização da obra. Na mesma linha de raciocínio, um tempo menor de obra diminui o tempo de exposição aos riscos de acidentes.

As estruturas em elementos pré-moldados ou fabricados oferecem uma boa oportunidade de arquitetura. Quase todo tipo de edificação pode ser adaptada aos requisitos do arquiteto. Com relação à eficiência estrutural, Arnold Van Acker (FIP, 2002) afirma que “O concreto pré-moldado oferece recursos consideráveis para melhorar a eficiência estrutural. Grandes vãos podem ser obtidos usando concreto protendido para elementos de vigas e lajes. Para construções industriais, os vãos do piso podem chegar a mais de 40 m.” Segundo a ABCIC, além de uma ótima eficiência estrutural, o sistema oferece maior flexibilidade, adaptabilidade no uso das construções e maior vida útil. Certos tipos de construções devem ser adaptáveis para satisfazer aos usuários. Como é o caso de obras comerciais, onde a solução mais adequada é um grande espaço interno com opção de posteriores subdivisões. Devido à forma de produção e montagem dos elementos, as estruturas permitem que elas sejam recicladas, reaproveitar as peças em outro local.

Preservação do meio ambiente é um assunto de importância global, nesse contexto a construção civil gera um impacto desfavorável e por isso a necessidade de buscar alternativas mais amigáveis ao meio ambiente. A indústria do concreto pré-moldado é uma solução viável para essa questão. Com uso reduzido de materiais, pois o controle da produção, utilização de equipamentos modernos e procedimentos de fabricação cuidadosamente elaborados diminui o desperdício e otimiza o uso dos materiais. Assim, são reduzidos também os resíduos da atividade.

A previsibilidade de custos é uma vantagem considerável do sistema em elementos pré-moldados, pois este tipo de construção não permite muitos improvisos sendo necessário ser

feito um planejamento anterior às ações. Sendo assim, o planejamento financeiro não foge do controle.

Todos os tipos de componentes pré-moldados sem nenhuma medida especial de proteção atingem a resistência ao fogo de 60 minutos. Com medidas de segurança adicionais é conseguida uma resistência de 90 a 120 minutos.

As instalações prediais podem ser parcialmente integradas nas unidades pré-moldadas. Por exemplos dutos, caixas ou aberturas para adaptação elétrica podem ser moldadas nos elementos pré-moldados. Um outro exemplo são os tubos de água pluvial que podem ser moldados dentro das colunas, ou pilares ou ainda nos elementos de fachada.

A maior vantagem é que a estrutura pré-moldada pode ser projetada de acordo com as necessidades específicas dos equipamentos de montagem. Com relação às instalações prediais, os elementos podem ser fornecidos com uma variedade de nichos.

Como qualquer outro assunto, o sistema construtivo possui algumas desvantagens. Mounir Khalil (2012), reunindo literaturas técnicas declara que há alguns supostos inconvenientes quando o assunto é pré-moldado, como por exemplo, a inadaptação a certos tipos de topografia. Há a necessidade de superdimensionar alguns elementos, considerando situações desfavoráveis durante o transporte ou na montagem. Falta de monolitismo na construção, especialmente em regiões sísmicas. Dependendo do local da obra, o transporte dos elementos se torna inviável e mais caro. A afirmação se um sistema é ou não vantajoso não pode ser feita no geral, pois cada construção tem suas características técnicas e econômicas diferentes. A análise, no entanto, das supostas vantagens e desvantagens deve ser feita em casos concretos.

4 OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A indústria de pré-moldados apresenta um grande número de sistemas e soluções técnicas para as construções. Cada sistema construtivo tem suas características que influenciam no momento da escolha. O comprimento do vão, a altura da edificação, os sistemas de contraventamento, orçamento, arquitetura são fatores que necessitam ser analisados para então escolher o sistema construtivo mais viável para determinada construção. A seguir estão apresentados os sistemas estruturais básicos e seus princípios. Muitos dos sistemas poderão ser utilizados isoladamente ou combinados em uma mesma edificação.

4.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS EM ESQUELETOS E SISTEMAS APORTICADOS

As estruturas em esqueleto e sistemas aporticados consistem de um conjunto de elementos lineares, vigas e pilares combinados a formar um sistema estrutural capaz de suportar e ao mesmo tempo transferir as ações dos pavimentos e fachadas para as fundações. Kim S. Elliot (2002) declara que, esse tipo de solução técnica possibilita o uso de grandes vãos e maior liberdade na disposição das áreas, sem obstrução de paredes portantes e pilares internos. Neste caso, o sistema portante é geralmente independente dos sistemas complementares como hidráulico, elétrico, fechamento, o que o torna fácil de adaptar para novas funções no seu uso.

Há dois tipos básicos de estruturas de esqueleto em concreto pré-moldado. A estrutura em esqueleto com traves planas que consiste de vigas e pilares de fechamento. Esse sistema é empregado em construções de apenas um pavimento, como armazéns, galpões e construções industriais. E a estrutura em esqueleto, que consiste de pilares, vigas, e lajes para construções de media altura com poucas paredes de contraventamento. Essa solução é geralmente empregada em edifícios comerciais e estacionamentos.

Os componentes de uma estrutura de traves planas aporticadas consistem em pilares engastados nas fundações e vigas apoiadas nos pilares com ligações, como chumbadores. O esqueleto total da estrutura é composto por uma série de traves planas posicionadas a uma certa distância uma das outras. Essa distância entre as traves aporticadas é definida pelo vão da cobertura e pelo tipo da fachada. As vigas de cobertura podem ter superfície inclinada ou perfil reto. As fig. 4 e 5 ilustram galpões feitos com estrutura de trave aporticada.

Figura 4-Sistema aporticado



Fonte: www.premazon.com.br,2015

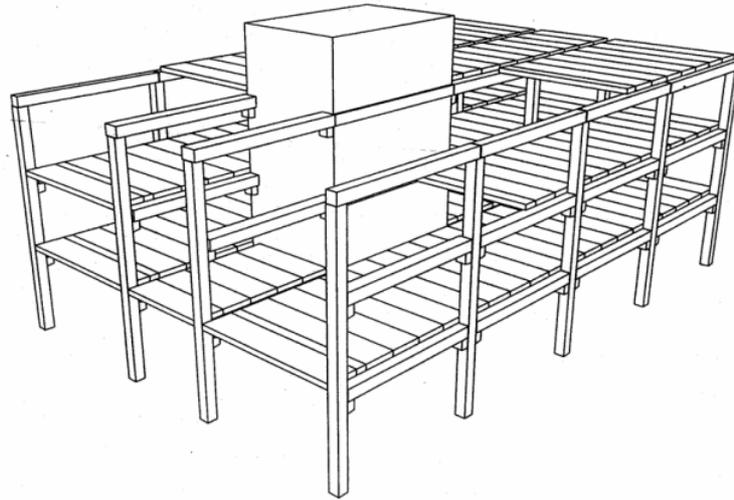
Figura 5-Sistema de estrutura aporticada



Fonte: www.grconstrucoes.com.br,2015

Para construções de múltiplos pavimentos, utiliza-se o sistema de estrutura em esqueleto. Os elementos pré-moldados são vigas e pilares com diferentes formas e tamanhos, elementos de laje, escadas ou poços de elevador. Geralmente a estrutura é composta de pilares retangulares, vigas retangulares, formato de L ou T invertido e lajes. Esse sistema é empregado frequentemente para edificações de até 20 pavimentos. A fig.6 exemplifica uma estrutura em esqueleto pré-moldada típica, com núcleo central para estabilidade horizontal.

Figura 6-Configuração sistema aporticado com núcleo central



Fonte: VAN ACKER, 2002

O uso planejado das edificações irá determinar em muitos casos, segundo Acker (2002), o comprimento dos vãos e a direção das vigas, portanto, a seleção dos tipos de vigas e lajes para pisos e cobertura. Em construções industriais, as vigas de fechamento normalmente irão vencer os vãos na direção do menor lado do piso retangular, onde os elementos de laje para piso também irão se estender para a mesma direção. O motivo para tal, é que facilita a repetição dos elementos, a possibilidade para utilizar as bordas das vigas de fechamento para apoiar elementos de fechamento para fachada, a sequência de içamento das peças.

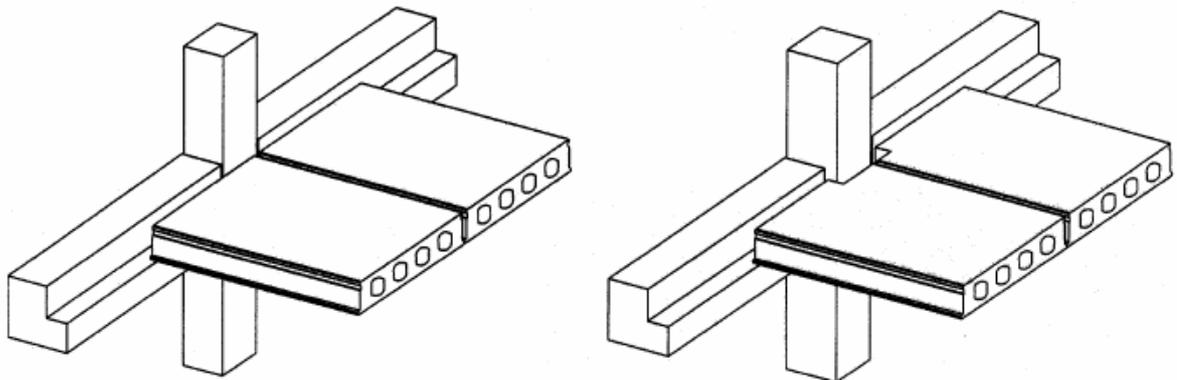
É aconselhável, de acordo com Acker (2002), durante o planejamento da construção, modular as dimensões para combinar a largura dos elementos. Numa estrutura simples, todos os elementos de laje deveriam ser posicionados na mesma direção para simplificar o layout e, no caso de peças protendidas, limitar as possíveis diferenças entre as flechas dos diferentes elementos de laje.

As estruturas de esqueleto e estruturas aporticadas são geralmente compostas por elementos padronizados. As dimensões e desempenhos são fornecidos em catálogo de fabricantes. Os pilares com altura máxima de 20 a 24 m podem ser fabricados e executados como uma peça sem juntas ou ligações, embora também é normal a prática de se trabalhar com pilares segmentados nas alturas dos pavimentos. Os pilares devem ser constantes ao longo de toda a altura do edifício ou podem recuar em níveis intermediários para atender à arquitetura.

Nos níveis dos pavimentos, os pilares possuem insertos estruturais ou consolos para prover suporte para as vigas.

Vigas com altura variável são normalmente utilizadas em edificações onde se requer grandes vãos. As vigas podem se classificar como vigas de cobertura, terças ou para apoio de pisos. Segundo Acker (2002), o tipo mais comum de viga para pisos em construções pré-moldadas é a viga com abas em “L” ou “T” invertido, em concreto armado ou protendido. A vantagem das vigas que possuem abas invertidas para apoiar as lajes pela redução da espessura total dos subsistemas de piso e mudança de nível. As vigas em “L” para apoio de pisos podem ter ou não a mesma largura que os pilares (Fig. 7).

Figura 7-Soluções variantes para a largura das vigas para apoio de piso



Fonte: VAN ACKER, 2002

4.2 PAINÉIS ESTRUTURAIS

A *British Precast Concrete Federation* do Reino Unido declara que os painéis pré-fabricados podem ser considerados como uma forma industrializada de paredes moldadas no local, podendo ser portantes ou de fechamento. Os painéis são uma solução moderna muito utilizado em residências, oferecendo rapidez na execução, acabamento liso, isolamento acústico e resistente ao fogo. Esses painéis se enquadram nas chamadas técnicas de construções abertas, pois a arquitetura é livre para produzir de acordo com as exigências do cliente. O sistema é empregado também em combinação com estruturas em esqueleto. A espessura dos painéis depende dos requisitos de desempenho, e o comprimento varia de acordo com o projeto e com os equipamentos utilizados na fábrica.

Os sistemas de parede com painéis pré-moldados de concreto são utilizados principalmente para residências e apartamentos, mas também são empregados em hotéis,

hospitais ou outras edificações com funções semelhantes. Os sistemas de paredes também são utilizados com frequência para compor núcleos centrais, poços de elevadores e paredes de contraventamento para todos os tipos de edificações. Além disso, os painéis pré-fabricados são apropriados para paredes corta fogo (ACKER,2002).

Os sistemas estruturais de paredes pré-moldadas se dividem ainda em duas categorias básicas. O sistema de parede integral (Fig. 8 e Fig. 9), onde tanto as paredes internas quanto externas são em pré-moldados. Algumas paredes podem ser portadoras de carga, e outras podem apenas desempenhar função de fechamento. Existe também o sistema de paredes na periferia, onde somente as paredes da parte externa ou as que fazem separação entre apartamentos são em pré-moldado. Os painéis estruturais possuem basicamente dois tipos de armadura: simples e centralizada ou dupla, conforme projeto estrutural elaborado para cada empreendimento.

Figura 8-Edifício de painéis estruturais



Fonte: ABCP, 2011

Figura 9-Residência com sistema de parede integral



Fonte: Revista Techne, Piniweb 2013

De acordo com Acker (2002), a estabilidade horizontal de uma estrutura com paredes pré-moldadas é garantida pela ação de contraventamento por cisalhamento entre as paredes, por ação em balanço das paredes e núcleos de contraventamento e pela ação de diafragma das lajes de pisos. As paredes de painéis pré-moldados são apropriadas para atuarem como paredes de enrijecimento. No entanto, elas só apresentam resistência no seu próprio plano, devendo ser complementadas com outras paredes perpendiculares aos seus planos ou com núcleos rígidos. A ação da força horizontal é distribuída em diferentes paredes e núcleos de forma proporcional à rigidez dos mesmos. Quando as paredes possuem aberturas maiores, como por exemplo, as portas deve ser verificado se a parte da parede acima da abertura pode contribuir para a resistência horizontal. Se isso não acontecer, apenas a parte da parede sem abertura deve ser considerada.

4.3 FACHADAS EM CONCRETO ARQUITETÔNICO

De acordo com Taylor (1992), a nomenclatura painel arquitetônico de concreto é uma adaptação do que há mais de cinquenta anos vem sendo chamado de *cast stone*, ou seja, pedra artificial. A BSI (2000) define como qualquer material manufaturado, composto de agregado e cimento, que objetiva imitar em aparência e ser utilizada como alternativa às pedras naturais. O ACI (1993) expõe que os painéis pré-fabricados arquitetônicos são de concreto, pré-

fabricados, com forma e dimensões variadas, apresentando acabamento superficial, com exposição de agregados decorativos, ou com placas de rocha.

As fachadas em painéis pré-fabricados de concreto (PPC) são constituídas por três componentes básicos. O painel propriamente dito, as fixações e as juntas. O painel possui uma camada de concreto armado e uma de revestimento, e eventualmente uma capa de isolante térmico.

As fachadas de concreto podem ser aplicadas em todos os tipos de edificações, apartamentos, escritórios, comerciais e educacionais. Dependendo das suas funções dentro da construção, o sistema pode ser projetado como decoração e fechamento ou sistemas portantes. Os elementos podem ser maciços ou tipo sanduíche, os quais empregam duas camadas de concreto com uma camada intermediária com isolamento térmico. A fachada também pode ser composta por um painel portante tipo *spandrel* que atuam como vigas, transferindo as cargas verticais para os pilares.

Kim S. Elliot (2002) explica que os sistemas de fachadas em concreto portantes suportam cargas verticais dos pavimentos e podem contribuir para estabilidade do edifício na horizontal. O sistema não-portante para fachadas, que desempenham apenas função de fechamento, podem ser fixados na estrutura ou podem ser autoportantes. Neste caso, segundo Acker (2002), os painéis de fachada se apoiam uns sobre os outros, formando uma parede em cortina, que geralmente é apoiada em uma viga baldrame externo ao eixo da estrutura de esqueleto, sendo que as ligações entre os painéis e a estrutura neste caso possuem apenas a função de travar horizontalmente a parede da fachada.

Acker (2002) relata que a espessura do painel é influenciada pelo projeto estrutural, pelos requisitos de recobrimento mínimo de concreto para a armadura e pela necessidade de uma segurança adequada contra fissuração no momento da desforma (ou desmoldagem). Para assegurar uma boa compactação e para garantir um posicionamento adequado da armadura, com espaçamento adequado para o seu cobrimento, no caso particular para resistência ao fogo e durabilidade, a espessura dos elementos estruturais deve estar entre $h/10$ e $h/15$, onde h é a altura total do elemento.

4.4 SISTEMAS PRÉ-MOLDADOS PARA PISOS

Os elementos pré-moldados para pisos são utilizados em todos os tipos de construção. Não estão limitados a serem aplicados apenas em estruturas pré-moldadas, mas também em

combinação com outros materiais. São, dos produtos pré-moldados, o mais antigo do mercado. As vantagens da utilização deste sistema são inúmeras, como por exemplo a rapidez da construção, a ausência de escoramento, a capacidade de vencer grandes vãos e a quantidade de tipos diversos. Baud (1981) distingue-as da seguinte maneira: os painéis alveolares protendidos (fig. 10), sistema de painéis com nervuras protendidas, sistemas de painéis maciços, lajes mistas, e laje com vigota pré-moldada.

Figura 10-Painéis alveolares protendidos



Fonte: www.blogdopetcivil.com.br, 2011

Os pisos pré-moldados podem ser classificados ainda segundo Acker (2002), de acordo com a sua produção, como sendo completamente ou parcialmente pré-moldados. Os pisos completamente pré-moldados são compostos por elementos que são totalmente moldados na fábrica. Após o içamento e posicionamento, os elementos são conectados na estrutura e nas juntas horizontais são grauteadas. Em alguns casos é adicionada uma camada de cobertura em concreto estrutural moldado no local. Os pisos parcialmente pré-moldados são compostos de uma parte pré-moldada e por outra moldada no local. As duas partes trabalham juntas no estágio final, fornecendo uma capacidade estrutural composta.

A escolha do melhor sistema para pisos depende de cada tipo de edificação e varia de região a região. Depende da disponibilidade de transporte, da facilidade de montagem, disponibilidade no mercado, custos e método construtivo da edificação.

Como são vários os tipos de sistemas pré-moldados para pisos, é necessário analisar, antes da escolha do melhor sistema, alguns critérios básicos, como a capacidade portante para o vão. Sistemas de lajes com nervuras protendidas, por exemplo, são bastante apropriadas para grandes vãos e cargas em construções industriais. Em contrapartida, os sistemas de lajes com vigotas pré-moldadas são utilizados para vãos e cargas menores, principalmente obras

residenciais. A tipologia das faces inferiores dos elementos de laje é uma questão muito importante, pois podem ser planas ou nervuradas, lisas, rugosas, com ou sem isolamento térmico. O peso próprio dos elementos também é um fator a ser analisado, pois depende da capacidade dos equipamentos de montagem disponíveis no mercado. O isolamento acústico de ruídos propagados depende da massa dos elementos por m².

4.5 SISTEMAS CELULARES

Esse sistema é inovador, e vantajoso pela sua rapidez. A fabricação é industrializada até o término, podendo ser montados completamente na fábrica. Banheiros, garagens, e cozinhas fazem parte desse sistema. No entanto ele apresenta maior dificuldade para transporte, custo e menor flexibilidade na arquitetura. A fig. 11 ilustra um sistema integrado de banheiro pronto.

Figura 11-Sistema celular de banheiro



Fonte: www.blogazine.com.br, 2013

5 PROCESSO EXECUTIVO

5.1 PROJETO

A escolha pelo sistema construtivo pré-moldado de concreto inicia no projeto. Seja qual for o estilo da obra, a primeiro passo é criar o projeto de arquitetura, a partir dele é desenvolvido o de estrutura com modulações econômicas, e detalhado dentro dos moldes e padrões da fábrica (BARROS, 2010). Essa etapa é de extrema importância, pois o processo de execução segue o que diz o projeto, sendo assim, um erro de projeto gera um erro de produção.

De modo geral, aplicam-se às estruturas de concreto pré-moldado as regras e processos de cálculo relativos às estruturas moldadas no local conforme disposto na NBR 6118 (ABNT, 2014). No entanto, devem ser tomados cuidados especiais levando em consideração às incertezas que podem afetar as reações mútuas dos elementos e de suas ligações. O projeto de estruturas de concreto pré-moldado deve partir de acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2006), da definição do comportamento efetivo das ligações, sob o ponto de vista dos graus de liberdade existentes. Deve também levar em conta as retrações e as eventuais deformações diferenciais entre concretos de diferentes idades, composições e propriedades mecânicas.

No projeto de estruturas compostas de elementos pré-moldados, é necessário estabelecer folgas e tolerâncias e dimensionar os elementos e as ligações levando-se em conta os desvios de produção, de locação, de verticalidade da obra e de montagem dos elementos. De acordo com as definições da NBR 9062 (ABNT, 2006), o ajuste é igual à tolerância global somada com as variações inerentes e a folga. A partir do ajuste são determinadas as dimensões nominais de fabricação. Quanto à fabricação, os elementos pré-moldados devem ter sua tolerância conforme classificação dos grupos da tabela 1.

TABELA 1- Tolerância de fabricação para elementos pré-moldados

Grupo de elementos pré-moldados	Seção ou dimensão		Tolerância
Pilares, vigas, pórticos e elementos lineares	Comprimento	L ≤ 5 m	+/- 10 mm
		5m < L ≤ 10 m	+/- 15 mm
		L > 10m	+/- 20 mm
	Seção Transversal		- 5 mm e + 10 mm
	Distorção		+/- 5 mm
	Linearidade		+/- L/1000
Painéis, lajes, escadas e elementos em placa	Comprimento	L ≤ 5 m	+/- 10 mm
		5m < L ≤ 10 m	+/- 15 mm
		L > 10m	+/- 20 mm
	Espessura		- 5 mm e + 10 mm
	Planicidade	L ≤ 5 m	+/- 3 mm
		L > 5 m	+/- L/1000
	Distorção	Largura ou altura ≤ 1 m	+/- 3 mm cada 30 cm
		Largura ou altura > 1 m	+/- 10 mm
Linearidade		+/- L/1000	
Telhas ou elementos delgados	Comprimento	L ≤ 5 m	+/- 10 mm
		5m < L ≤ 10 m	+/- 15 mm
		L > 10m	+/- 20 mm
	Espessura	e ≤ 50 mm	- 1 mm e + 5 mm
		e > 50 mm	- 3 mm e + 5 mm
	Distorção		+/- 5 mm
Linearidade		+/- L/1000	
Estacas	Comprimento		+/- L/300
	Seção transversal (ou diâmetro)		+/- 5%
	Espessura da parede para seções vazadas		+13 / -6 mm
	Linearidade		+/- L/1000

Fonte: ABNT NBR 9062:2006

As alças e pinos de levantamento são considerados como ligações temporárias com o equipamento de manuseio e montagem das peças. De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2006), as alças devem ser solicitadas por barras, cordoalhas ou cabos que formam com a peça um ângulo mínimo de 40°. Quando não for possível, devem ser previstos dispositivos especiais para içamento realizado também na fase de projeto.

Os desenhos de execução, com formatos devidamente normalizados, devem apresentar de forma clara as dimensões e as posições dos elementos pré-moldados, assim como das armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas projetadas. As especificações técnicas

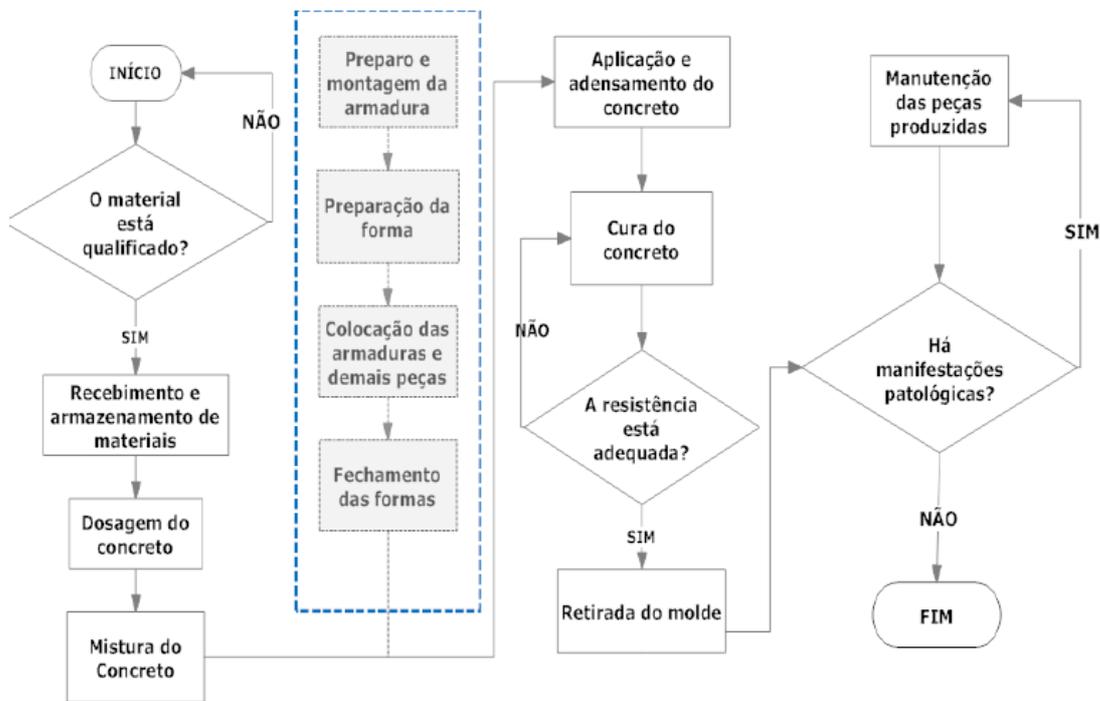
mínimas que os desenhos devem conter seguindo a NBR 9062 (ABNT, 2006) estão descritas a seguir.

- O tipo de concreto e a resistência característica prevista;
- A resistência característica do concreto, exigida para manuseio, transporte e aplicação da protensão, nos elementos protendidos;
- Os tipos de aços com suas dimensões, bitolas, quantidades, formas, detalhes de solda e de emenda;
- O cobrimento da armadura e dos insertos em todas as faces;
- A armadura adicional;
- O volume e peso de cada elemento pré-moldado;
- Os detalhes das ligações a serem executadas na obra durante ou após montagem;
- As tolerâncias dimensionais dos elementos pré-moldados;
- Tratamentos superficiais adicionais para atender a classes de maior agressividade;
- Cuidados necessários durante o transporte, a montagem e eventual solidarização;
- Detalhamento do sistema de içamento adotado, posição e ancoragem;

5.2 FABRICAÇÃO

Segundo El Deds (2000) em disposições gerais, uma fábrica ou o canteiro de produção de elementos pré-moldados deve ter a seguinte divisão: armazém para agregados, armazém ou silos para aglomerantes, centrais de concreto, área de cura e dependências auxiliares. A figura 12 apresenta um esquema geral de produção das peças.

Figura 12-Fluxograma de produção



Fonte: Kirke Andrew Wrubel Moreira , 2009

A armadura usada nos elementos podem ser protendidas ou não. No caso do uso de armaduras protendidas, essas por sua vez podem ser executadas com pós-tração ou pré-tensão. Durante a confecção da armadura, para utilização de diferentes classes e categorias de aço, sua limpeza, dobramento, emendas e para proteção aplica-se o disposto nas NBR 6118 (ABNT, 2014) e NBR 14931 (ABNT, 2004). De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2006) a armadura deve ser colocada no interior das fôrmas de modo que, durante o lançamento do concreto, mantenha-se na posição indicada no projeto, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e as faces internas das fôrmas. É permitido para isso o uso de arame e tarugos de aço ou espaçadores de concreto, argamassa ou material plástico de alta densidade. O posicionamento da armadura deve ser garantido para que possa utilizar o valor de comprimento mínimo de 5 mm ou cobrimento definido por ensaios comprobatórios da durabilidade do elemento pré-fabricado de concreto, frente ao nível de agressividade previsto em projeto.

Os insertos são definidos pela NBR 9062 (ABNT, 2006) como sendo qualquer peça incorporada ao elemento pré-moldado, para atender a uma finalidade de ligação estrutural ou permitir fixações de outra natureza. Estes são colocados antes do lançamento do concreto ou após o endurecimento. Os insertos devem ser posicionados de forma a não prejudicar a

armadura. Suas características de qualidade e durabilidade devem ser iguais ou superiores à armadura protegida pelo cobrimento.

A etapa de preparação das formas consiste basicamente de limpeza das mesmas, aplicação de desmoldante, colocação de armaduras, insertos e se for o caso, aplicação de pré ou pós-tração. Primeiramente deve ser definido o tipo de fôrma. A escolha do tipo e o processo de execução dependem dos seguintes aspectos: produtividade desejada, investimentos, especialização da produção, emprego ou não de pré-tração e forma do elemento (KIRKE, 2009). O processo pode variar de fôrmas estacionárias, móveis (carrosel) a pista de concretagem. A escolha do material da fôrma depende do tipo de acabamento superficial, tolerâncias, dimensão e forma dos elementos. Depende também do tipo de armazenamento disponível, tipo de cura e número de reutilizações. NBR 9062 (ABNT, 2006) descreve como opções de materiais, o aço, alumínio, concreto, madeira revestida ou não de chapas metálicas, fibra, e plástico. A norma brasileira especifica ainda, que as fôrmas devem ser adequadamente ancoradas às bases, para resistir aos esforços resultantes durante o lançamento e adensamento do concreto, assim como da operação de extração dos elementos pré-moldados.

Muitas vezes os elementos são projetados com formas diferentes e requerem um vazio no interior, para conseguir tal geometria, são utilizadas fôrmas internas. Durante a execução é necessário um cuidado para certificar-se que as fôrmas internas estão firmemente ancoradas para evitar sua flutuação ou deslocamento por ocasião da concretagem.

Segundo as instruções da NBR 9062 (ABNT, 2006) as fôrmas, antes de utilizadas devem ser limpas e isentas de pintura ou outras substâncias protetoras que possam aderir à superfície dos elementos de concreto. A aplicação de produtos antiaderentes, destinados a facilitar a desmoldagem devem ser feitos antes da colocação da armadura. Os produtos não devem exercer nenhuma ação química que prejudique o concreto em qualquer estado. Não devem também, deixar na superfície do concreto, resíduos que sejam prejudiciais ou que possam dificultar a aplicação de revestimentos, se for o caso. Os desmoldantes não devem atingir a armadura, durante a execução. Caso isto ocorra, as barras, fios ou cabos devem ser substituídos ou adequadamente limpos.

A etapa de concretagem inicia-se com o preparo do concreto, que deve ser produzido como disposto nas NBR 12655(ABNT, 1996) e NBR 7212(ABNT, 2012), utilizando os agregados que fora previamente ensaiados e devidamente estocados. Durante ou imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser adensado. Sendo permitido pela NBR 9062 (ABNT, 2006) que seja feito por vibração, centrifugação ou prensagem. O processo de concretagem exige cuidadosa atenção para que todos os recantos da fôrma sejam preenchidos.

A cura dos elementos pré-moldados de concreto pode ser feita de duas maneiras, normal ou acelerada. A norma brasileira pertinente NBR 9062 (ABNT, 2006) estabelece procedimentos para cura durante o processo executivo, tais como, proteção dos elementos contra agentes prejudiciais no caso de cura normal. Os agentes prejudiciais que a mesma cita são mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agentes químicos, bem como choque e vibrações de intensidade tal que possa produzir fissuras no concreto. A proteção contra secagem prematura é feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-a com uma película impermeável.

Para os casos de cura acelerada, a NBR 9062 (ABNT, 2006) estabelece que o endurecimento do concreto pode ser antecipado por meio de tratamento térmico. Neste processo o ganho de resistência após o processo de cura é rápido e elevado, o que permite a movimentação e transporte dos elementos pré-moldados em tempo sensivelmente menor. Proporciona assim uma maior rotatividade no estoque gerando ganhos de produtividade e espaço (EL DEBS, 2000). No tratamento térmico isento de vapor, a superfície do concreto deve ser, igualmente protegida contra a secagem. Na cura a vapor sob pressão atmosférica as recomendações da NBR 9062 (ABNT, 2006) são para que sejam tomados cuidados especiais para que os elementos pré-moldados sejam aquecidos uniformemente, efetuado em ambiente vedado por material isolante, lonas, lençóis plásticos ou outro material adequado. Vedado de maneira a garantir a saturação do vapor e impedir excessiva perda de calor e umidade. A vedação deve impedir também a formação de correntes de ar frio do exterior. As temperaturas da câmara de vapor e do elemento pré-moldado devem ser controladas de acordo com as especificações da norma brasileira pertinente. Ao se utilizar a cura a vapor deve-se estabelecer a curva de temperatura em função do tempo mais conveniente para o processo de produção e respeitados os seguintes parâmetros: o incremento máximo na elevação de temperatura é de 20° C/hora; temperatura máxima no elementos submetido a tratamento de vapor sob pressão atmosférica é de 70° C; o decréscimo de temperatura no resfriamento de no máximo 30° C/hora.

5.3 MANUSEIO, ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE

Após a desmoldagem, os elementos são manuseados para estoque ou seu local definitivo. Os elementos pré-moldados devem ser suspensos e movimentados por intermédio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados em pontos de suspensão localizados nas peças de concreto definidos em projeto, evitando-se choques e movimentos abruptos.

Quando armazenados, os elementos pré-moldados devem ser colocados sobre dispositivos de apoio, assentes sobre terreno plano e firme, como prescreve a NBR 9062 (ABNT, 2006). Podem ser formadas pilhas, intercalando-se dispositivos de apoio para evitar o contato das superfícies de concreto de dois elementos sobrepostos. Os apoios devem ser constituídos ou revestidos de material suficientemente macio para não danificar os elementos. No caso da formação de pilhas, devem ser tomados cuidados para manter a verticalidade dos planos na longitudinal, que passa pelos eixos dos elementos e que passa pelos dispositivos de apoio. Além disso, a análise de segurança contra o tombamento é indispensável para proteção dos elementos.

Quanto ao transporte, este deve ser efetuado em veículos apropriados às dimensões e peso dos elementos pré-moldados. Os elementos dispostos em uma ou mais camadas devem ser devidamente escoradas para impedir tombamentos ou deslizamentos durante as partidas, freadas e trânsito do veículo. Durante o transporte, a superfície do concreto deve ser protegida, para evitar danificação, nas regiões em contato com cabos, correntes ou outros dispositivos.

5.4 MONTAGEM

A montagem dos elementos pré-moldados em geral, em suas posições definitivas na obra, é realizada por meio de máquinas, equipamentos e acessórios apropriados, utilizando os pontos de suspensão localizados nas peças de concreto devidamente definidas em projeto para esta operação. Da mesma forma que no manuseio, é preciso evitar choques e movimentos abruptos. A NBR 9062 (ABNT, 2006) permite e nos canteiros sempre é utilizado escoramento provisório durante a montagem para auxílio no posicionamento das peças e para garantia de estabilidade até que a ligação definitiva seja efetuada. A fase final da construção não se considera encerrada senão quando houver ligação definitiva do elemento com os outros elementos da estrutura.

6 ESTABILIDADE DAS ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS

O estudo do comportamento estrutural é de extrema importância, uma condição básica para o desenvolvimento das inovações tecnológicas. Mounir Khalil (2006) explica que as estruturas pré-moldadas possuem um comportamento diferente das estruturas convencionais devido à presença de ligações. Portanto, a análise de estabilidade global da estrutura é indispensável levando em consideração que além da não linearidade dos elementos de concreto, tem-se o efeito da não linearidade das ligações no comportamento da estrutura. Segundo Acker (2002), as estruturas de concreto convencionais se comportam como pórticos tridimensionais, no entanto, para as pré-moldadas esse conceito não é aplicado devido à dificuldade de conseguir ligações com rigidez suficiente para se comportar como pórtico. Sendo assim, a estabilidade das estruturas pré-moldadas deve ser garantida por meio de sistemas de contraventamento.

Para as estruturas pré-moldadas, os componentes de estabilização são combinados e conectados para formar um sistema de estabilização global. Os arranjos do sistema de estabilização variam em função do tipo de edificação e do sistema estrutural (ABCIC-2003).

6.1 ESTRUTURAS NÃO CONTRAVENTADAS

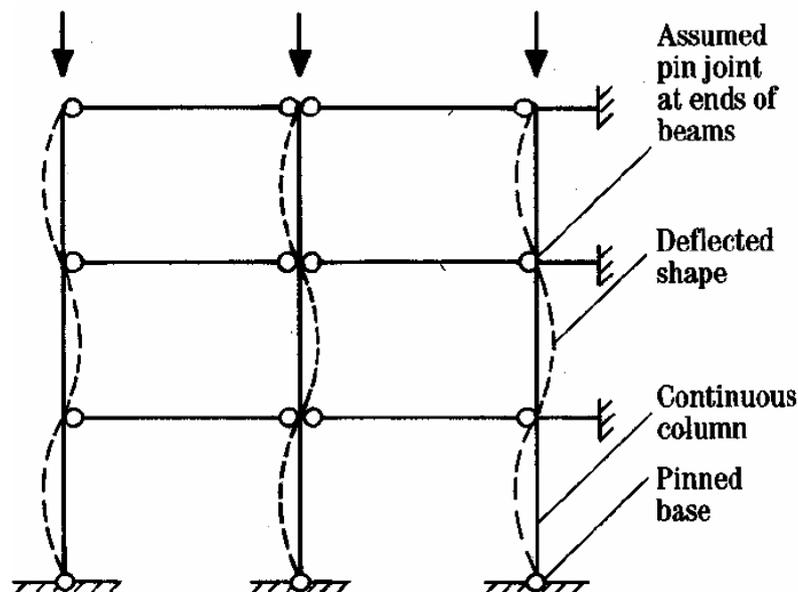
Para as estruturas consideradas não contraventadas, ou estruturas deslocáveis, a estabilidade é fornecida pela ação de pilares engastados na base na estrutura em esqueleto, com possível combinação com diagonais de contraventamento ou utilização de pórticos 2-D (ACKER, 2002).

Esta opção é empregada usualmente em edificações baixas, de até quatro pavimentos. Quando os pilares e painéis são engastados nas fundações, eles agem como vigas em balanço. Esse método é conseguido de maneira simples para solos resistentes ou no caso de utilizar estacas de fundação. Se o engastamento dos pilares nas fundações não fornecer a rigidez que a estrutura necessita, o que ocorre em estruturas esbeltas é conseguido uma rigidez horizontal adicional por meio de ligações viga-pilar rígidas. De acordo com Arnold Van Acker (2002), as forças de vento atuantes no pano da fachada, são absorvidas primeiramente pelos pilares da fachada. As forças horizontais paralelas às vigas são distribuídas por meio das vigas, na mesma linha. As forças com direção transversal às vigas são transferidas pela ação de diafragma da laje de cobertura ou pelas diagonais de contraventamento.

6.2 ESTRUTURA CONTRAVENTADAS

Em construções com mais de três pavimentos, os deslocamentos horizontais podem ser excessivos, sendo necessário aplicar sistemas adicionais de contraventamento. A prática usual é a de conferir a função de estabilidade para os poços de elevadores, caixas de escada ou paredes internas de cisalhamento, e ainda interligar o restante da estrutura por ação diafragma das lajes, relata Kim S. Elliot (2002). Sendo assim, a estrutura pode ser considerada contraventada, ou seja, com nós fixos (Fig. 13). A estrutura projetada dessa maneira faz com que os momentos fletores, devido aos deslocamentos, sejam pequenos e que os pilares possam fletir entre os pavimentos como barras rotuladas nas duas extremidades.

Figura 13-Deformação principal da estrutura contraventada



Fonte: VAN ACKER, 2002

As paredes de cisalhamento enrijece a estrutura contra ações horizontais. São paredes de concreto muito rígidas no seu plano, e por isso, muito empregadas para estruturas pré-moldadas. Segundo relatos de Mounir Khalil El Debs (ENECE, 2013), as paredes de contraventamento são constituídas por painéis conectados de forma que a parede atue como uma única viga rígida em balanço.

Os núcleos centrais promovem a estabilidade lateral para as estruturas. De acordo com Marcelo Ferreira (ABCIC, 2003) os núcleos centrais ou poços de elevadores podem ser moldadas ou não, no local. A solução mais comum é compor um núcleo de quatro ou mais

elementos de painéis conectados entre si por meio de juntas capazes de resistir as forças de cisalhamento.

Nas estruturas pré-moldadas, as forças horizontais de vento ou decorrentes de outras ações são geralmente transmitidas para os elementos de contraventamento por meio do efeito diafragma das lajes. Kim S. Elliot (2002) define diafragmas como estruturas horizontais extremamente finas em relação a sua área de planície, onde uma das suas principais funções é transferir as forças horizontais atuantes em diferentes pontos da estrutura para os elementos de contraventamento vertical. Para resistir a essas forças, a ação de diafragma para o sistema de laje de piso é conseguida por meio de ligações adequadas entre os elementos de laje, ou com o auxílio de uma armadura de tirante perimetral com preenchimento de concreto no local. Acker (2002) explica que as forças de tração são resistidas pelas armaduras de tirante no perímetro das lajes de pisos. As juntas longitudinais entre os elementos de laje são importantes para transferência de forças de cisalhamento.

As estruturas pré-moldadas são mais suscetíveis aos efeitos das ações excepcionais do que outras formas tradicionais de construção, por causa da presença de juntas e ligações entre os elementos estruturais (ABCIC, 2003). Para garantir estabilidade estrutural, experiências do código Europeu 2 e da norma inglesa BS-8110 mostram que é possível por meio de um sistema efetivo de tirantes.

7 LIGAÇÕES

As ligações entre os elementos pré-moldados são de extrema importância. A correta especificação das ligações e a correta execução influem diretamente no comportamento da estrutura montada. Devem assegurar a rigidez, estabilidade global da estrutura, e garantir ductilidade. O papel das ligações é fazer uma interligação entre os elementos para compor uma estrutura capaz de resistir a todas as forças atuantes, inclusive ações indiretas, como retração, fluência e movimentações térmicas. Arnald Van Acker (2002) diz ainda, que o projeto de ligações não se limita a uma questão de escolher um dispositivo de ligação, mas englobam considerações como juntas, materiais para preenchimento de nichos e juntas, detalhamento das superfícies das interfaces e das zonas nas extremidades dos elementos pré-moldados. Essas zonas de extremidades dos elementos, próximos às ligações, promovem a transferência das forças dos dispositivos de ligação para dentro dos elementos.

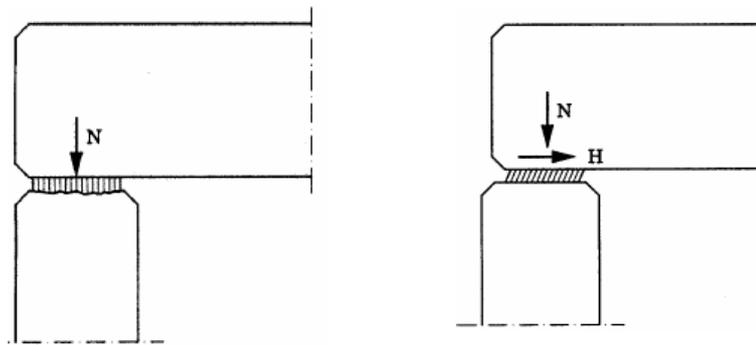
A NBR 9062 (ABNT, 2006) estabelece que no projeto das ligações de elementos pré-moldados entre si são levadas em consideração, além da estabilidade geral da estrutura montada, também a estabilidade durante a fase da montagem. As ligações devem ter a mesma durabilidade que as peças da estrutura. Quando não for possível, deve ser previsto no projeto a possibilidade de inspeção, reparo e troca dos componentes da ligação. O dimensionamento destas ligações deve obedecer à NBR 6118 (ABNT, 2014), caso contrário, faz-se necessário provar sua eficácia, qualidade e durabilidade por meio de cálculo analítico devidamente documentado ou por ensaios conclusivos de casos realmente análogos.

Para ligações solicitadas predominantemente por compressão, a NBR 9062 (ABNT, 2006) recomenda que os elementos pré-moldados possam ser assentados nos seus apoios definitivos com junta a seco, intercalação de uma camada de argamassa, concretagem no local, rótulas metálicas, ou almofadas de elastômero (Fig.14). De acordo com o Eurocode 2 (EN 1992-1-1[2]) a ligação por contato direto pode ser realizado apenas se conseguir grande exatidão na fabricação. Superfícies irregulares resultam em concentração de tensões. Camadas de argamassa ou concreto são utilizadas para regularizar a superfície na interface entre os elementos. Os materiais deformáveis como almofadas de elastômero também compensam irregularidades e distribui melhor as tensões sobre a área de contato.

A transferência de forças por tração é obtida por meio de conectores metálicos como tirantes, esperas de armaduras salientes, ação de pino, chumbadores, conectores soldados e mecânicos. A ancoragem por traspasse, como ilustra a figura 15, é frequentemente utilizada em

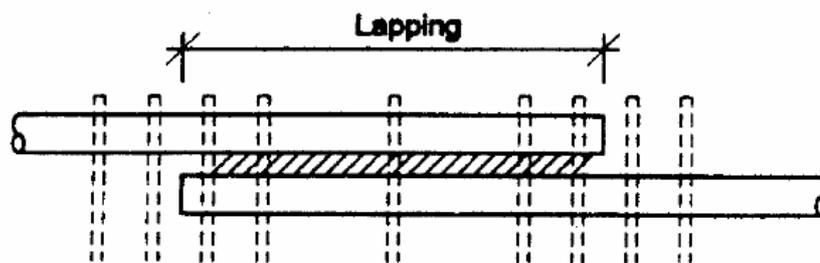
elementos de concreto pré-moldado, relata Kim S. Elliot (2002). As ancoragens nas extremidades podem ser em formato de laços, dobras, ganchos ou similares. A transferência de força é conseguida por meio do traspasse das armaduras salientes dos elementos e eventualmente em combinação com ação de pino. Os dispositivos metálicos devem ser fixados ao concreto dos elementos pré-moldados por meio de grapas ou parafusos. Caso os detalhes construtivos permitam execução controlada na obra, a fixação pode ser feita por solda do dispositivo metálico em chapa aparente.

Figura 14-Carregamento em almofadas de elastômero



Fonte: VAN ACKER, 2002

Figura 15-Ancoragem por traspasse

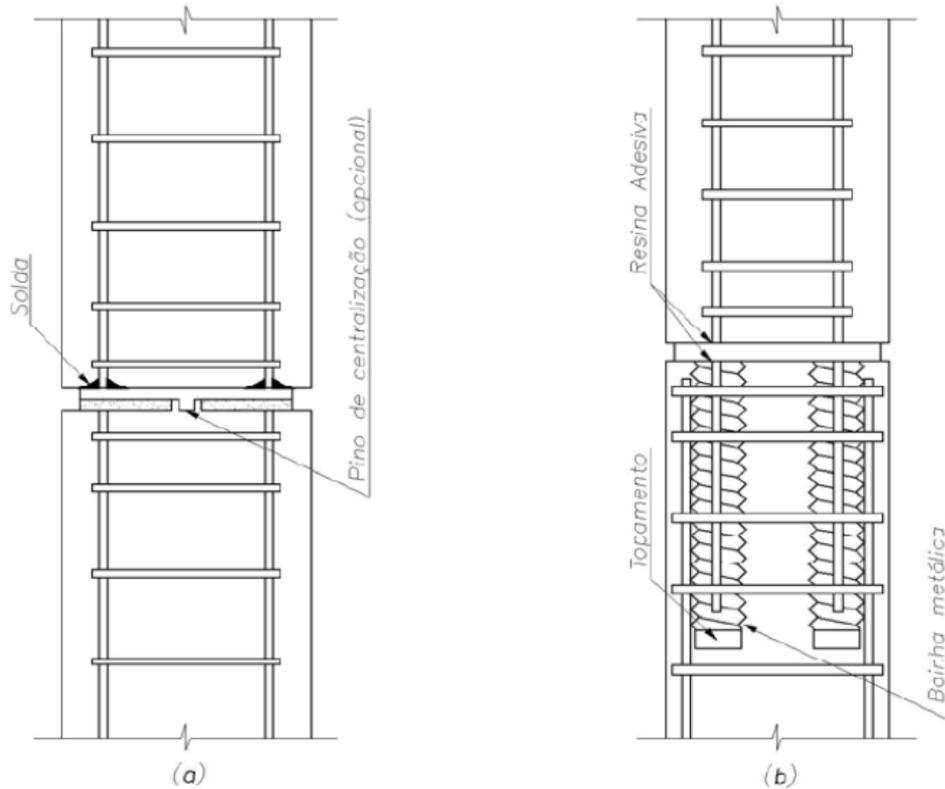


Fonte: VAN ACKER, 2002

Ligações solicitadas predominantemente por flexão permitem a realização da continuidade de elementos como vigas, lajes, pilares e pórticos. É permitida a subdivisão dos elementos pré-moldados de grande dimensão em segmentos. A solidarização desses segmentos por norma (NBR 9062/ ABNT, 2006) pode ser feita por pró-tensão, solda, por meio de dispositivos metálicos (Fig. 16) ou mediante concretagem no local. Os momentos fletores são geralmente transferidos por meio do estabelecimento de um binário de tração e compressão.

Para elementos protendidos, nos quais haja possibilidade de encurtamentos importantes decorrentes da retração e fluência, deve-se prever no projeto um eventual levantamento dos elementos, a fim de aliviar almofada.

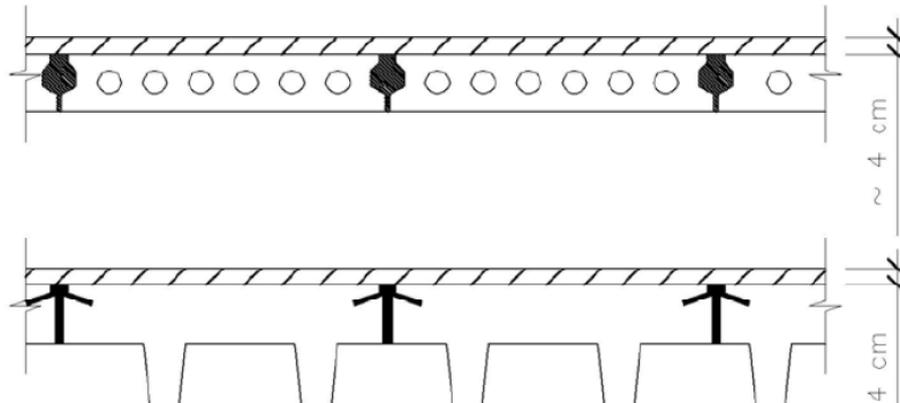
Figura 16-Dispositivos metálicos como ligação



Fonte: NBR 9062 (ABNT, 2006)

Para ligações solicitadas predominantemente por cisalhamento, devem ser empregados meios para impedir deflexões diferenciais devidas à cargas acidentais não uniformemente distribuídas nas juntas dos elementos pré-moldados. Caso haja aplicação de cargas pontuais ou linearmente distribuídas paralelamente às juntas, faz-se necessário verificar os esforços de cisalhamento aplicados nas ligações entre lajes. Para cargas acidentais não superiores a 3KN/m^2 , como obras não industriais, pode ser feito apenas um rejuntamento com argamassa e cimento entre as bordas dos elementos pré-moldados (Fig. 17). Já para cargas acidentais não superiores a 5KN/m^2 , caso de obras industriais leves, a NBR 9062 (ABNT, 2006) pede uma armadura transversal no capeamento de concreto executado sobre os elementos pré-moldados.

Figura 17-Capeamento das lajes

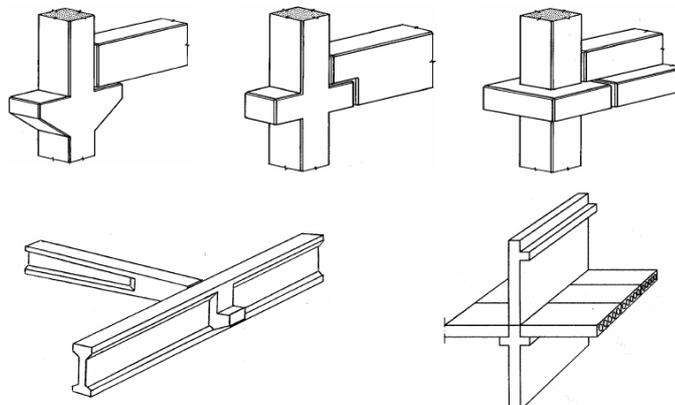


Fonte: NBR 9062 (ABNT, 2006)

Faz parte das estruturas pré-moldadas a correta especificação dos apoios. A integridade dos apoios para elementos pré-moldados de concreto deverá ser garantida por meio de presença de armadura efetiva nos elementos acima e abaixo do apoio, prevenção de perda de área do apoio por movimentação e limitação das tensões na superfície de contato. Os apoios deverão ser dimensionados e detalhados para assegurar um posicionamento correto, considerando as tolerâncias de produção e montagem (ACKER, 2001).

Os consolos de concreto (Fig.18) são geralmente empregados nas estruturas pré-moldadas para as ligações viga-pilar e viga-viga. Os dentes de apoio (Dentes Gerber) também são permitidos pela NBR 9062 (ABNT, 2006). Eles são elementos de apoio na extremidade de vigas, placas ou painéis, cuja altura é menor que a altura do elemento a ser apoiado e que podem ser assemelhados aos consolos.

Figura 18-Consolos de concreto



Fonte: VAN ACKER, 2002

Um dos princípios mais importantes no projeto de ligações é a busca por soluções simples. A máxima economia em uma construção pré-moldada é atingida quando os detalhes

das ligações são simples, com um desempenho adequado e com montagem rápida. Por esse motivo, Arnold Van Acker (2002) recomenda que as ligações sejam projetadas com o máximo de repetições possíveis e itens padronizados. Havendo padronização a fabricação e montagem se torna mais fácil e ágil.

8 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade dos elementos em concreto pré-moldado é de extrema importância e indispensável para atingir um resultado satisfatório. O processo passa pelas etapas de treinamento de mão de obra, identificação e rastreabilidade do produto, controle tecnológico do concreto, controle dimensional dos elementos, controle do aço e materiais para ligações, inspeção nas fases de projeto, produção e montagem. A NBR 9062 (ABNT, 2006) dita um procedimento a ser seguido quanto ao controle de execução e inspeção dos elementos. Os elementos são considerados pré-fabricados quando atendem aos requisitos especificados pela norma.

Durante toda execução, a mão de obra deve ser treinada e especializada. Quanto à matéria-prima, esta deve ser previamente qualificada por ocasião da aquisição e posteriormente por meio da avaliação de desempenho com base em inspeções de recebimento e ensaios. A conformidade dos produtos deve ser demonstrada por meio de adoção das normas de projeto pertinentes ou ainda pelos ensaios de avaliação de capacidade experimental. Para definição dos parâmetros de inspeção quanto à aparência, cantos, cor, rebarbas, textura e itens semelhantes, o fabricante ou construtor deve apresentar amostras representativas da qualidade especificada, que devem ser aprovados pelo proprietário. Ainda segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006), os elementos devem ser identificados individualmente e, quando conveniente, por lotes de produção.

Segundo Moreira (2009) durante o processo industrial, o controle de recebimento dos agregados constituintes do concreto é fundamental para garantia de qualidade do concreto produzido. Para tanto, no recebimento dos agregados é realizada uma análise preliminar por meio de uma inspeção visual pelo responsável, que deverá estar atento a estrutura da qualidade de todas as cargas, comparando-as com as características da amostra padrão estabelecida na fase de qualificação das matérias-primas. De acordo com Wrubel (2009), outro fator importante é a realização de ensaios para verificação das características físicas dos agregados. A alteração da granulometria dos agregados pode ocasionar mudanças no comportamento do concreto produzido, tais como: variação de consistência, aumento da demanda de água, etc. Outra análise importante refere-se a verificação da potencialidade reativa dos agregados, especificada pela NBR 155577 (ABNT, 2009). Este ensaio é fundamental para garantir à durabilidade do concreto de elementos pré-fabricados submetidos a umidade do solo.

Moreira (2009) relata que para controle de qualidade, todo cimento recebido a granel, na planta de produção, é realizada a coleta de amostras, pelo menos, 3 kg para cada caminhão fornecido. Segundo o selo de excelência ABCIC, as amostras do lote recebido, devem ser identificadas com informações sobre a data, documentos de remessa, etc, e armazenadas até que sejam obtidos os resultados de resistência à compressão do concreto que utilizou o referido lote.

O aço empregado na indústria do concreto pré-fabricado é destinado à produção de elementos de concreto armado ou protendido. Todo aço deve ser inspecionado visualmente para verificação de irregularidades, como desalinhamento de rolos de aço ou presença de corrosão, e conferência dos dados em etiqueta. A análise da qualidade do aço deve ser verificada os relatórios de ensaio. A NBR 9062 (ABNT, 2006) recomenda que sejam realizados ensaios de tração, dobramento e verificação do desbitolamento.

No controle de qualidade e inspeção do sistema de fôrmas, é preciso verificar na recepção e no decorrer do processo de produção a conformidade das dimensões com as tolerâncias especificadas em projeto: verificação da posição de furos, insertos, alças de içamento, recortes, saliências e assemelhados. É necessário, segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006) verificar também o travamento e estanqueidade das fôrmas, seus possíveis deslocamentos ou deformações quando do lançamento e adensamento do concreto.

A NBR 9062 (ABNT, 2006) relata para o controle da qualidade do concreto, verificação quanto ao teor de umidade dos agregados, massa específica e corretas condições de armazenamento dos materiais componentes do concreto. Verificar a sequência e tempo durante a mistura: a trabalhabilidade, resistência e módulo de elasticidade, para liberação e transferência da pró-tensão ou para levantamento e manuseio do elemento. Além desses itens, deve ser aplicado os dispostos nas normas NBR 12654 (ABNT, 2000) e NBR 12655 (ABNT, 2015) para garantia de qualidade do concreto.

Segundo Santos (2010), a cura térmica é um processo que submete o concreto a uma temperatura superior à ambiente, sendo esse “aquecimento” o objetivo principal para acelerar as reações de hidratação do cimento, tendo como resultado o ganho de resistência, para que o concreto possa ser manuseado nas primeiras idades. Portanto, o processo de cura das peças deve ser cuidadosamente inspecionado. Dentre os processos de cura aplicada ao concreto, destacam-se: a cura ao ar, cura química e a cura térmica. Na indústria de concreto pré-fabricado, destaca-se o emprego da cura térmica a vapor com o objetivo de acelerar a resistência do concreto em

peças protendidas e em situações onde há diminuição da temperatura ambiente em função do clima.

No controle de qualidade e na inspeção dos produtos acabados, aplica-se o disposto na NBR 9062 (ABNT, 2006), levando em consideração o atendimento às condições especificadas para levantamento e manuseio e identificação do elemento. Inclui verificar as dimensões dos elementos, dos insertos, de recortes ou saliências e respectivas tolerâncias de projeto. A existência de falhas ou defeitos de lançamento do concreto, a eventual presença de fissuras, a aparência do elemento quanto à homogeneidade, não linearidades, flechas e contraflechas.

No controle de qualidade da montagem, deve-se proceder a verificação da locação e dos níveis das fundações de forma a atender às prescrições da NBR 6122 (ABNT, 2010). É necessário inspecionar a execução das ligações conforme especificações do projeto, assim como acabamentos e limpeza final dos elementos. Um aspecto importante e fundamental para os elementos produzidos refere-se à garantia do cobrimento do concreto para proteção da armadura, fundamental para a durabilidade do elemento estrutural. A indústria de pré-fabricados de concreto caracteriza-se pelo rigoroso controle dimensional realizado dentro das tolerâncias globais admissíveis para produção e montagem.

Para elementos pré-fabricados, segundo a NBR 9062 (ABNT, 2006), durante todo processo de inspeção e controle de qualidade deve ser registrado por escrito, em documento próprio, onde constem claramente indicados a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.

Durante o desenvolvimento de um controle efetivo de qualidade, as indústrias podem usar, além das normas técnicas aplicáveis, o Selo de Excelência ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto), que estabelece critérios específicos para o setor, com base nas normas técnicas da ABNT, incluindo, além do produto, parâmetros das normas ISO para qualidade e meio ambiente, bem como as normas regulamentadoras de segurança e saúde ocupacional, NR 18 e NR 9, do Ministério do Trabalho do Governo Federal, posto ser um programa de qualidade, segurança e meio ambiente (MIZUMOTO, 2009).

9 ESTUDO DE CASO

Para o estudo de caso, foi feito um acompanhamento técnico da obra em questão, desde o seu início, até a concretização e entrega da mesma. O estudo de caso engloba a escolha do sistema estrutural escolhido e ligações utilizadas, análise dos projetos, preparação do canteiro de obra, e distribuição de tarefas. Os processos de execução desde a fundação, passando pelo detalhamento dos elementos pré-moldados como a armação, concretagem e posicionamento final. Uma breve amostragem de um processo de concretagem em piso solicitado para pisos industriais, que tem necessidade de planicidade e nivelamento de alta qualidade. A interação com as demais instalações de uma obra são abordadas, como as hidrossanitárias, estrutura de cobertura e painéis de fechamento.

9.1 ESTUDO DE CASO – BRAINFARMA

O objeto de estudo deste trabalho foi a obra para a indústria farmacêutica Brainfarma localizada no DAIA, na cidade de Anápolis, Goiás e que pertence o grupo Hypermarcas S/A. Trata-se de obras de ampliação de dois prédios da indústria, que são: Ampliação do Efervescentes, Ampliação do CD1 e Pesagem, ambas que se deu início no dia 01 de dezembro de 2014 e foi entregue no dia 26 de maio de 2015. A ampliação do Efervescentes foi uma obra de 856,18m²; na obra do prédio CD1, os procedimentos foram à ampliação de área de 3.728,33m², adequações internas de área 670,00m² e a ampliação da Pesagem, com área de 2.097,72m², somando assim uma área total de obra de 6.496,05m².

9.1.1 Sobre a Hypermarcas S/A e a Barinfarma

A companhia Hypermarcas, fundada em 2001, se organiza em duas divisões de negócios: Farma, que concentra as atividades relativas ao setor farmacêutico, e Consumo, que atua nos mercados de beleza e higiene pessoal. A empresa tem sede em São Paulo, onde inaugurou nova sede corporativa no final de 2013. Desde 2011, a plataforma operacional da Hypermarcas vem sendo concentrada na região Centro-Oeste do Brasil e, tem suas principais operações consolidadas no Estado de Goiás, nas cidades de Goiânia, Anápolis, Senador Canedo e Aparecida de Goiânia. A empresa conta ainda com uma ampla estrutura de vendas e distribuição com abrangência nacional, e cada um dos negócios conta com forças de vendas segmentadas e especializadas, com profissionais experientes. Seus produtos são distribuídos

para mais de 700 mil pontos de vendas em todo o território brasileiro, diretamente a varejistas ou indiretamente, via distribuidores e atacadistas. (Fonte: www.hypermarcas.com.br).

9.1.2 Sobre as obras da Brainfarma

Por se tratar de uma obra industrial, com grandes vãos e pé direito consideravelmente alto e livre, para armazenagem e estocagem de materiais, a estrutura em pré-moldado de concreto foi considerada viável.

A obra em questão trata de uma execução de ampliação, de dois prédios industriais em estrutura pré-moldada de concreto, sendo, uma ampliação do prédio Efervescentes com 856 m², e o segundo uma ampliação do Centro de Distribuição com 6.500 m².

Para execução de um projeto é necessária organização, planejamento e pesquisas, e essas etapas devem ser corretamente seguidas para que se alcance o sucesso, tanto em eficiência da mão de obra, quanto no prazo de entrega. A primeira preocupação para realização da obra foi com relação à organização. Com projeto em mãos, foram feitos estudos e planejamento da obra, como custos, duração e disponibilidade de funcionários para a execução e preparação de contratos.

O projetista definiu o sistema a ser usado com base nas necessidades da nova construção, e que se adaptasse a antiga. Os projetos possuem cortes e detalhes para a execução da armação, formas, e montagem.

O sistema construtivo escolhido foi o sistema em esqueleto, que é o mais indicado em casos de construção industrial, para maior liberdade interna e atender solicitação da arquitetura. O sistema é composto de pilares, vigas e lajes pré-moldados. Os pilares possuíam normalmente a mesma forma, retangulares, variando apenas o tamanho, já as vigas possuíam variações em suas formas e tamanhos. Nas vigas, o método de pós-tensão foi utilizado como alternativa de armadura.

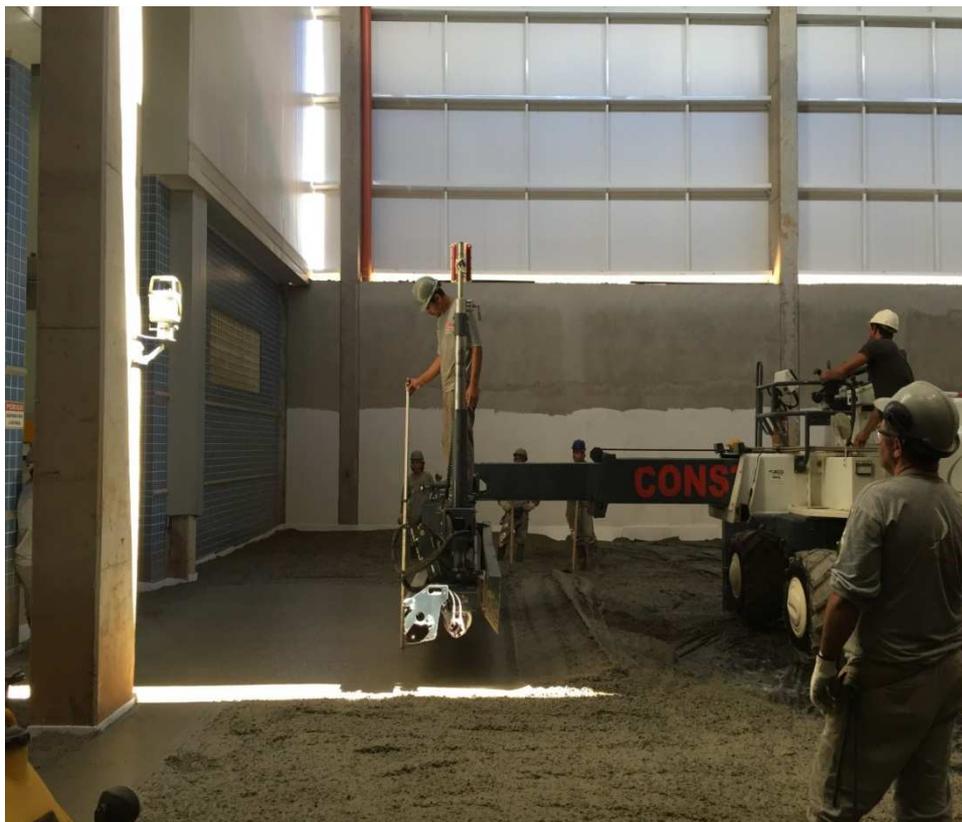
Para cobertura foi utilizado telhas metálicas termo acústicas e fechamento lateral em painéis térmicos. O fechamento da estrutura foi executado por meio de alvenaria de tijolo com 4,5m de altura. As paredes externas foram revestidas com pastilhas cerâmicas, para acompanhar a arquitetura dos prédios antigos. Na parte interna da ampliação, o acabamento foi pintura na cor branca. O projeto arquitetônico também prevê docas de acesso para a carga e descarga dos caminhões. A obra conta com uma estrutura apropriada contra incêndios, como portas corta-fogo, sinalizações e saídas de emergência.

Para atender a solicitação da indústria, o desafio era consiliar uma estrutura de qualidade com uma arquitetura com vão livre de mais de 13 metros e manter um pé direito com aproximadamente 18 metros de altura para ser possível armazenar a quantidade necessária de paletes com matéria prima. Por se tratar de ampliação, existiam detalhes de adequação da construção antiga com a nova, sendo necessário atentar aos elementos corretos a serem demolidos de acordo com o projeto.

Para pavimentação, foi necessário que fosse executado um piso com alto índice de planicidade. Para verificar tal requisito, foi utilizado o sistema F-numbers, sistema americano e canadense, que produz informações estatísticas e gráficas, a respeito do perfil da superfície do piso. FF (floor flatness para o índice de planicidade), que deveria ser maior que 70, e índice de nivelamento, FL (Floor Levelness para o índice de nivelamento) maior que 55, para trânsito sem vibração das empilhadeiras tri lateral (empilhadeiras com 18 metros de altura). A planicidade refere-se às ondulações do piso, enquanto que o nivelamento refere-se à conformidade da superfície do piso com o plano horizontal. Imaginando-se a superfície do piso como uma onda, os F-Numbers medem sua amplitude e a frequência. Quanto maior os F-Number, mais planos e nivelados serão os pisos. Teoricamente, variam de zero a infinito (são adimensionais). Na prática, os pisos executados apresentam, em geral, FF e FL entre 15 e 80. A relação dos F-Numbers é linear. Por exemplo, um piso de FF igual a 20 é duas vezes mais plano que um piso de FF igual a 10 (Trima Engenharia e Consultoria, 2014).

A concretagem do piso foi feita por uma empresa terceirizada, utilizando niveladoras a laser, para que os índices fossem alcançados (Fig.19). Terminada a concretagem foi realizada uma medição através da metodologia F-Numbers (Fig.20 e Fig 21).

Figura 19-Concretagem do piso, utilização de niveladora a laser



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 20-Medição através do processo F-Numbers



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 21-Gráfico de medição de piso, captados pelo processo F-Numbers



Fonte: Próprio autor, 2015

A Orca dispõe de usina própria, sendo assim a mesma foi montada no canteiro de obra, que era localizado em um espaço fornecido pela empresa, dentro da própria indústria.

No canteiro de obras, havia dois silos de cimento (Fig.22), locais para armazenagem da areia e brita, e local para execução do teste de slump, assim como o espaço para armadores, com o local adequado para a estocagem do aço (Fig. 23) a ser utilizado. Havia também o espaço reservado para a carpintaria (Fig.24), local para guardar as máquinas a serem utilizadas, estocagem de madeirites, e espaço para montagem das pistas de concretagem. Todo o processo de recebimento e estocagem dos materiais é avaliado e gerenciado por um encarregado da equipe, conforme as prescrições da NBR 9062 (ABNT, 2006). O canteiro dispunha de duas tendas para os trabalhadores da armação e da carpintaria trabalharem protegidos contra intempéries, assim como a central da betoneira. No canteiro havia contêineres que serviam de escritório, contêineres com banheiros masculinos e femininos para os funcionários, almoxarifado, refeitório, e vestiários.

Figura 22-Silos de cimento da usina no canteiro de obra



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 23-Canteiro de obras, estocagem de armações



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 24-Espaço reservado para carpintaria



Fonte: Próprio autor, 2015

A obra teve início com a perfuração e concretagem das estacas para fundação. Para essa fundação foi utilizada a estaca raiz, e seu processo segue a ordem de etapas que é: perfuração (Fig.25), instalação da armadura e preenchimento com o concreto. A armação foi feita conforme solicitação em projeto. Cada estaca possuía uma variação em profundidade, de 5 a 10 metros, e diâmetro, de 50 a 80 cm. Para ferragem, foi usado aço com bitolas de 6,3 mm e 16 mm. A ligação entre a fundação e os pilares foi realizada por meio de blocos de concreto. A figura 26 ilustra a execução de um dos blocos de concreto. Após a escavação dos mesmos, a trado ou com a ajuda de máquinas como a retroescavadeira, são colocadas as armaduras e a concretagem feita já no próprio local.

Figura 25-Perfuratriz executando o furo para estaca



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 26-Execução de bloco de concreto



Fonte: Próprio autor, 2015

As lajes pré-moldadas foram terceirizadas, tanto a fabricação, como transporte e montagem das mesmas.

Os pilares e as vigas foram produzidos e montados pela própria construtora, inclusive as vigas de pós-tensão foram fabricadas no próprio canteiro. As vigas eram armadas, depois disso uma empresa terceirizada era responsável por cabos de protensão iam até o local e realizava a passagem dos cabos de aço (Fig. 27), com distância e altura conforme solicitada em projeto. Feito isso, as vigas eram transportadas para a pista de concretagem e lá era montada a sua forma, em seguida era feita a concretagem. Após a concretagem a mesma empresa voltava e por meio de um macaco hidráulico, que exercia a força de carga necessária, era feito o

tensionamento dos cabos, como ilustra a figura 28. Por isso recebem o nome de viga de pós-tensão, pois o tensionamento dos cabos é feito após a concretagem e não antes, como nas vigas de protensão.

Figura 27-Distribuição de cordoalhas em armação de viga de pós-tensão



Fonte: Próprio autor,2015

Figura 28-Tensionamento de viga



Fonte: Próprio autor,2015

O processo de fabricação inicia-se com a entrega do projeto estrutural, assim que recebido pelos gerenciadores da obra, estes são devidamente avaliados e então passados para os devidos encarregados de cada setor.

O primeiro passo é o preparo da armadura, escolha da bitola que variam de 5 mm a 25 mm, corte e dobra. Após montagem e amarração, é executado a distribuição de espaçadores, para atender a solicitação do cobrimento que era de 2,5 cm, conforme o solicitado em projeto. Na peça, é amarrado um pedaço de madeira com sua identificação. A figura 29 ilustra o momento de corte, dobra e amarração da armadura.

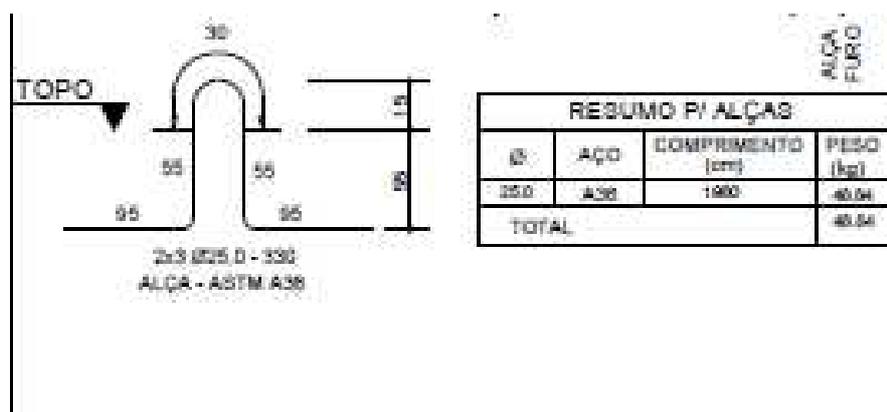
Figura 29-Amarração de vigas e pilares



Fonte: Próprio autor, 2015

A alça e os pinos de levantamento que são usados para o transporte da peça, também são devidamente colocados nos locais especificados pelo projeto. A bitola usada para a alça é a de 25 mm. A figura 30 ilustra o resumo de detalhes das alças. Pela figura 31, é possível visualizar as alças e a armação preparada antes da concretagem. As figuras 32 e 33 ilustram o transporte dos elementos.

Figura 30-Resumo de detalhamento de alças



Fonte: Fórmula projetos estruturais, 2015

Figura 31-Viga com alças e armadura antes da concretagem



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 32-Transporte de armação para pista de concretagem



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 33-Transporte e montagem de pilar



Fonte: Próprio autor,2015

As armações são transportadas por meio da ligação entre a alça de levantamento e o caminhão munk para a pista de concretagem, onde são colocadas sobre a fôrma do fundo da peça, nesse caso fôrma em madeirite. Elas são cortadas e montadas conforme solicitação da peça, devidamente limpas e sobre elas aplicada o desmoldante. Os chumbadores já são colocados na fôrma, conforme o projeto, antes da concretagem. Com a armação sobre o fundo da forma é feito o fechamento da fôrma, fixadas e ancoradas com pedaços de madeira, popularmente chamados de “sanduíches” e parafusos, e escoras de madeira espalhadas pela lateral, para suportar o peso do concreto ao ser lançado (Fig. 34 a 36).

Figura 34-Montagem de fôrmas de pilar



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 35-Montagem de fôrmas de pilar



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 36-Montagem de fôrmas



Fonte: Próprio autor, 2015

As pistas de concretagem eram montadas em diversos comprimentos e espalhadas no canteiro, próximas aos locais da armação e da carpintaria, para facilidade quando transportar as peças. Conforme a necessidade de cada peça era feito uma troca e adequação dos madeirites usados de fundo das formas.

O concreto utilizado foi de alta resistência, solicitado por projeto, com F_{ck} 40 Mpa, para pilares e vigas. Para o concreto, a relação de água/cimento era igual a 0,46L. Para mistura foi utilizado o cimento CP V, brita 0 e 1, areia natural, e aditivos. O aditivo escolhido foi no caso, o power flow 1160, que é um superplastificante, dentre seus benefícios está o de proporcionar longa trabalhabilidade no concreto sem prejuízo a resistência inicial. O lançamento é feito pelo bombeamento do concreto do caminhão betoneira (Fig. 37), e seu adensamento feito por meio de vibração, com a utilização de um vibrador de imersão. O tempo de cura era de 48 horas, feito por meio de molhagem da peça. Após o tempo de cura atingido, era feito o desmolde das peças, e um acabamento nas peças feito através da lixadeira (Fig. 38).

Figura 37-Concretagem de peças com utilização do caminhão betoneira e vibrador



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 38-Acabamento em peças feito por meio de lixadeira



Fonte: Próprio autor, 2015

Para o transporte e montagem das peças, foi usado um dispositivo chamado de laço chumbado, onde com o auxílio de um guindaste acoplado a um caminhão munk era feito o içamento e montagem da peça (Fig.39). Para os pilares foi necessário um guindaste com maior força, e o transporte da área de concretagem para o local onde seria montado, feito por meio de

carreta. Após a montagem esse laço era cortado e protegido as pontas para evitar corrosão e tampado.

Figura 39-Transporte da peça através de ligação entre laço chumbado e guindaste



Fonte: Próprio autor, 2015

A montagem é feita com o apoio do guindaste, no local definido pelo projeto, e auxiliado pelo topógrafo, que segue as coordenadas, para que cada peça fosse montada milimetricamente correta. (Fig. 40)

Figura 40-Montagem de pilar pré-moldado



Fonte: Próprio autor, 2015

Para a estabilidade da estrutura, o método escolhido foi ligação Pilar-Fundação realizada por meio do uso de cálices, onde os pilares eram encaixados na fundação, através de um cálice num bloco de concreto (Fig.41), concretado in loco. Os pilares e possuíam rachuras, que logo após sua montagem eram grauteadas, fixando o pilar à estrutura. (Fig. 25)

Figura 41-Execução de formas de cálice em bloco de concreto



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 42-Montagem de pilar e encaixe em cálice de bloco de concreto



Fonte: Próprio autor, 2015

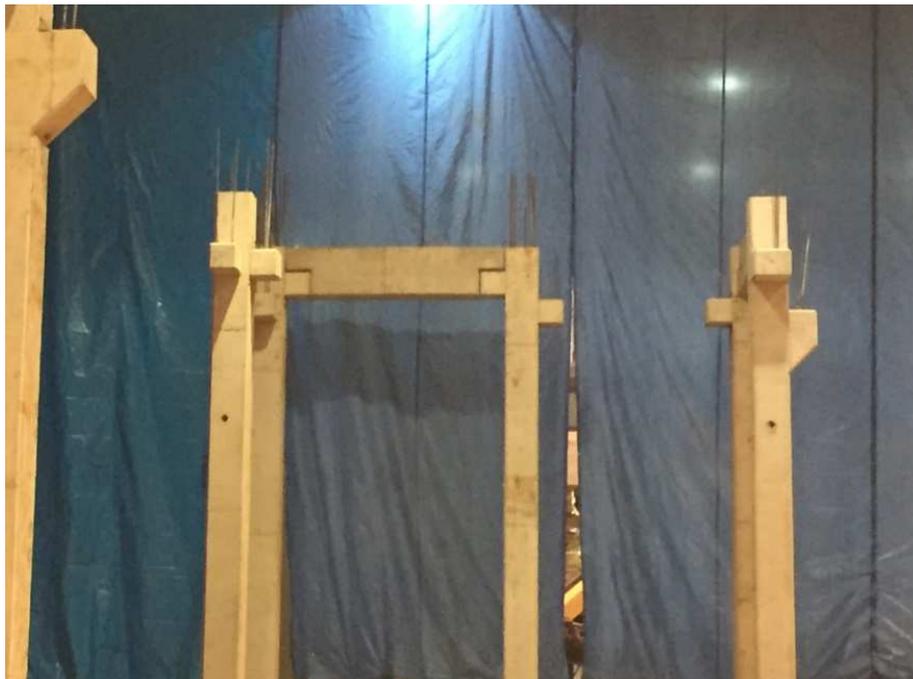
A ligação Viga-Pilar foi feita por meio dos consolos (Fig 43 e 44), que podem ser de vários tipos, dependendo do tipo de seção da viga (anexo detalhamento de consolos). Nos consolos são fixados chumbadores com pinos, onde são encaixados as vigas, com furos já executados no ato de sua produção, revestidos por tubo de pvc, que dão estabilidade e mantém a viga em equilíbrio. Entre a viga e os consolos eram colocadas almofadas de neoprene, que é um tipo de borracha sintética, usado para garantir o contato de toda a área de apoio da viga no pilar ou do consolo no pilar. Após a montagem, os nichos são preenchidos com graute para evitar movimentos horizontais da estrutura.

Figura 43-Pilares concretados com consolos e pinos



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 44-Ligação Viga-pilar através de consolos



Fonte: Próprio autor, 2015

Vigas intermediárias de travamento foram usadas para trabalhar o contraventamento e a estabilidade da estrutura. (Fig. 45 e 46)

Figura 45-Montagem de vigas intermediárias



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 46-Estrutura com vigas pré-moldas intermediárias montada



Fonte: Próprio autor, 2015

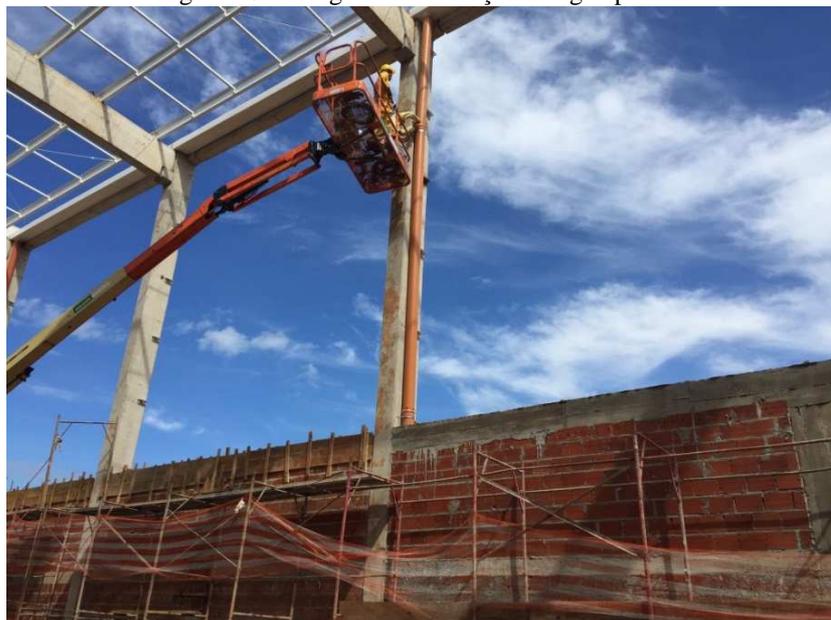
A estrutura hidrossanitária é feita conforme a estrutura vai sendo montada e é independente da estrutura em elementos pré-moldados (Fig.47). A tubulação de água pluvial passa rente a pilares (Fig. 48) e vigas, e depois junto aos pilares são revestidos, com shafts, feitos com painéis em material composto de alumónio, conhecido como ACM (Fig.49).

Figura 47-Estrutura em elementos pré-moldados



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 48-Passagem de tubulação de água pluvial



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 49-Revestimento em ACM em pilares e Tubulações



Fonte: Próprio autor, 2015

Para o fechamento da estrutura foram usados painéis isolantes térmicos acústicos (Fig.50), em EPS de 150 mm de espessura, para garantir baixas temperaturas na área de estocagem de matéria prima. Fixados a uma estrutura metálica (Fig.51), composta por terças, cantoneiras, que era soldada nos pilares pré-moldados. Cobertura com telha zipada, com a chapa de alumínio sendo moldada e cortada já in loco, e uma malha de vidro que faz o trabalho de impermeabilização (Fig.52).

Figura 50-Painéis de fechamento isolantes térmicos



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 51-Estrutura em pré-moldado e estrutura metálica



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 52-Telhas de cobertura zipada



Fonte: Próprio autor, 2015

Para garantir a qualidade dos serviços executados, foi realizado controle tecnológico de terraplenagem e ensaios de corpos de prova do concreto utilizado na obra. Todos esses controles são registrados em forma de relatórios para arquivo.

As obras tiveram duração de seis meses, desde terraplenagem até a entrega da obra. Por se tratar de uma obra em pré-moldado, foram possíveis que orçamento e cronograma andassem juntos, por não permitir muito imprevisto, os custos não saem muito do que planejados. Sendo essa uma das grandes vantagens da utilização do concreto em pré-moldado. As figuras 53 e 54 ilustram o resultado de ampliação com estrutura de elementos pré-moldados.

Figura 53-Foto panorâmica de prédio ampliação CD



Fonte: Próprio autor, 2015

Figura 54-Finalização de prédio Efervescentes, com plantio de grama



Fonte: Próprio autor, 2015

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalizando, acredita-se que o presente trabalho tenha contribuído para aumentar o conhecimento sobre as estruturas pré-moldadas de concreto, que apesar de não se tratar de um sistema construtivo novo, continua a sofrer inúmeras inovações. Os pré-fabricados de concreto tornaram-se fundamentais na construção civil por terem um processo de execução de fácil aprendizagem, rápida execução, maior controle da produtividade, conseqüentemente maior qualidade, diminuição de desperdícios, utilização de materiais da construção civil convencional, e otimização dos custos.

Na presente pesquisa, procurou-se exibir, que a utilização do sistema construtivo em questão, não está baseada simplesmente na montagem dos elementos na concepção da arquitetura, mas em uma série de fatores técnicos, econômicos, logísticos, organizacionais e culturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKER, A. V. - **MANUAL DE SISTEMAS PRE-FABRICADOS DE CONCRETO**. FIB, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ANBT NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2001.

BARROS, M. M. S. B. de; SABBATINI, F. H. - **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo: EPUSP, 2003. (Boletim Técnico – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/172).

British Precast Concrete Federation Ltd., The National Precast Concrete Association. **The Little book of Concrete**. Indianapolis, IN-USA. NPCA, 2006.

ELLIOT, K. S. - **PRECAST CONCRETE STRUCTURES**. Woburn, MA-USA. Butterworth Heinman, 2002.

FERREIRA, M. A. **Deformabilidade de ligações viga-pilar de concreto pré-moldado**. São Carlos, SP, 1999, 231 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

IGLESIA, T. B. - **SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO**, 2006. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, SP.

JEREMIAS JR, A. C. **Análise da estabilidade de estruturas pré-moldadas de concreto: influências das ligações semi-rígidas**. São Carlos, SP, 2007. 193f. Dissertação (mestrado em construção civil) – Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 2007.

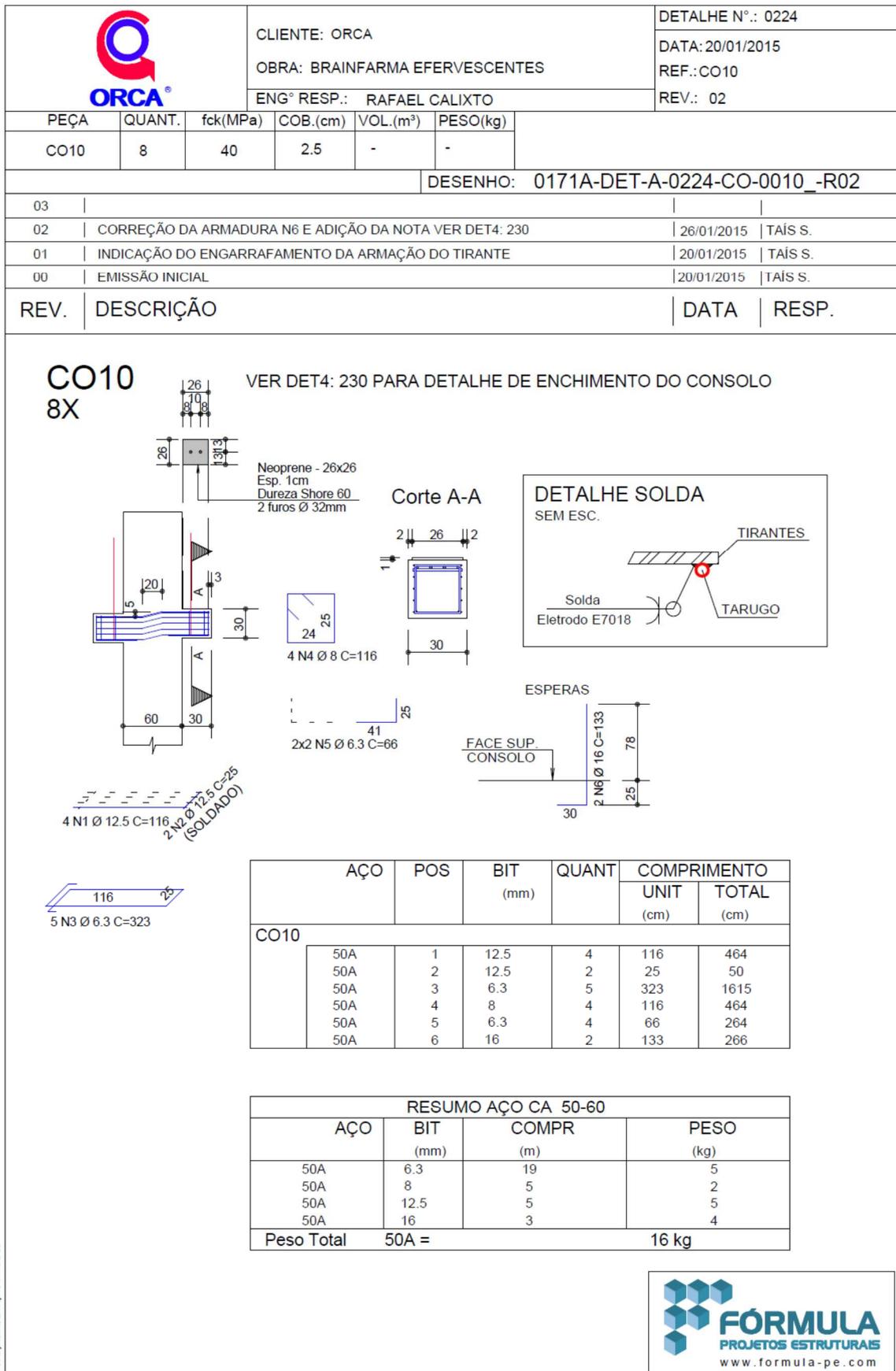
MOREIRA, W. Kirke, A. - **Estudo das Manifestações Patológicas na Produção de Pré-fabricados de Concreto**, 120 páginas, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009.

REVISTA CONCRETO E CONSTRUÇÕES. São Paulo: Ibracon, 2010- Trimestral.

SOUZA, R.; et al. - **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: SEBRAE/SINDUSCON, 1995.

VILLAR, F. H. R. - **Alternativas de sistemas construtivos para condomínios residenciais horizontais – Estudo de caso**. UFSCar, São Carlos, SP, 2005. Dissertação (Mestrado).

ANEXO I - Projeto estrutural de detalhamento de consolos



ANEXO II - Projeto estrutural de detalhamento de Pilar

