

Daniel de Souza Tito
UNISUAM

Elias de Souza Tito
UNISUAM

Jussara Oliveira do Nascimento
UNISUAM

Rachel Cristina Santos Pires
UNISUAM

RESUMO

No universo da construção civil é perceptível como se buscam cada vez mais novas ideias de processos que racionalizem materiais e conseqüentemente tornem os modelos construtivos ainda mais produtivos. Os sistemas construtivos em concreto pré-moldado tem mostrado uma grande capacidade de racionalização através de um considerável ganho de velocidade de execução da obra, minimização considerável nas perdas dos materiais utilizados, maior utilização de mão de obra ainda mais qualificada e um melhor acabamento final da construção. Este trabalho tem como objetivo demonstrar o conceito dentro de uma linha histórica quanto à utilização do método construtivo de pré-moldados no aspecto geral, a sua utilização de forma onde são abordados e apresentados os tipos de elementos mais comumente utilizados, como são executadas as ligações nas estruturas pré-moldadas, métodos de manuseio e montagem dessas estruturas na obra, além de identificar as vantagens e desvantagens em se utilizar sistemas pré-moldados como principal método construtivo.

Palavras-chave: Sistemas Construtivos; Pré-Moldado; Vantagens; Desvantagens.

INTRODUÇÃO

Concreto Pré-moldado são elementos como pilares, vigas, lajes de concreto moldados fora de sua posição definitiva de utilização na construção. Seu emprego faz parte de dois preceitos, onde um aponta para a industrialização da construção e outro para a racionalização da execução de estruturas de concreto. Eles são utilizados em alguns campos como: edificações, construção pesada, infraestrutura urbana, entre outros.

A ABNT NBR 9062/2017, cujo título é Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, fala sobre a diferença entre elementos pré-fabricados e pré-moldados.

Além do pré-moldado, existem os pré-fabricados, possuindo também muita versatilidade e agilidade no processo de construção. Ambos precisam atender aos padrões e especificações técnicas, porém a diferença entre eles é que os pré-fabricados são produzidos industrialmente, sob condições rigorosas de controle de qualidade e dispõe de laboratórios e instalações próprias, já os pré-moldados são feitos dentro do canteiro de obras (ABNT, 2017).

O aumento do uso de concreto pré-moldado teve seu desenvolvimento iniciado no final do século XIX até o início da Segunda Guerra Mundial. Ainda que, de forma menos entusiasmada, este procedimento sofre avanços na Europa Ocidental além dos Estados Unidos, onde novas soluções são buscadas a fim de adicionar mais flexibilidade de projeto e produção e por consequência fugir das criticadas mesmices arquitetônicas desenvolvidas nestes moldes (EL DEBS, 2017).

No Brasil, o emprego do concreto pré-moldado vem sendo pouco utilizado devido razões de natureza macroeconômica como: o sistema tributário que penaliza o emprego de elementos pré-moldados de fábricas; a economia instável causa dificuldades ao planejamento e os investimentos a longo prazo; além das razões de natureza culturais como: o conservadorismo; a escassez de oferta de equipamentos; além da falta de meios para ligações e o manuseio dos elementos (EL DEBS, 2017).

A utilização do concreto pré-moldado pode atuar reduzindo o custo dos materiais das estruturas de concreto, em resumo o próprio concreto e a armadura. Com isso, ele vem ganhando muito espaço nos canteiros de nosso País, trazendo vantagens no planejamento e posterior execução do projeto, aumentando a qualidade das construções. Logo, o crescimento do emprego deste processo só é possível, se houver um aumento no grau de desenvolvimento tecnológico e social do País, pois aumenta a oferta de equipamentos, a mão de obra obtém maior valorização, além das exigências em relação à qualidade dos produtos.

Estruturas de Concreto Pré-moldado é um tema bastante amplo, o mesmo tem como objetivo explorar as características de seu uso, bem como suas vantagens e desvantagens. Além de mostrar o longo caminho percorrido para o seu desenvolvimento no ramo da Engenharia Civil.

A utilização deste método pode ser positiva em diversos aspectos tanto técnicos como financeiros. Nos aspectos técnicos: a diminuição de imprevistos; melhor qualidade do concreto; montagem rápida e silenciosa através da execução das conexões entre os elementos; maior controle da obra; redução de resíduos de construção. Já nos aspectos financeiros temos: redução do risco de roubo no canteiro de obras; redução de custos pela redução de prazos; eliminação de desperdícios e redução de riscos de acidentes.

Em contrapartida, este processo, como em qualquer outra área da engenharia possui limitações relacionadas aos equipamentos de transporte e montagem, restrições à movimentação no canteiro da obra, dificuldade de

transporte em grandes centros; limitações de formas arquitetônicas e necessidade de previsão de ampliações no projeto inicial.

Tudo deve ser muito bem avaliado e planejado para que o projeto seja concebido considerando a finalidade, as restrições, vantagens e desvantagens do seu uso, e, principalmente, o custo-benefício de sua utilização.

Profissionais qualificados na área da Engenharia Civil podem optar por este processo o que pode acelerar sua obra e entregar o projeto dentro do prazo, o que não é comum nesta área. Já os clientes saem satisfeitos, além da economia financeira e diminuição de óbices.

Pretende-se estudar a importância desse método construtivo, identificar alguns dos principais elementos utilizados, apontando os tipos de ligações que ocorrem entre esses elementos e suas características, além de destacar vantagens e desvantagens quanto ao seu emprego.

O estudo foi desenvolvido com base no método dedutivo, utilizando-se a pesquisa bibliográfica. Foi por meio desta pesquisa bibliográfica, onde foram buscadas informações e coletados dados em artigos e sites, permitindo concluir que a utilização do concreto pré-moldado está cada vez mais presente nas construções civis.

Os objetivos que este estudo pretende alcançar é basicamente demonstrar as particularidades no uso deste método construtivo, além de analisar os principais elementos pré-moldados sob aspectos executivos, suas características, bem como seu processo de ligações, atividades de manuseio e montagem, listando-se vantagens e desvantagens em comparação com outros procedimentos executivos.

REVISAO BIBLIOGRÁFICA

Utilizações do Concreto Pré-Moldado

Analisando o uso do concreto pré-moldado dentro do universo das diversas partes estruturais de uma construção da engenharia civil, verificou-se diversos pontos a serem analisados como: o tempo de construção; o controle dos componentes pré-moldados e de materiais na construção, verificando o quanto é utilizado e o quanto é desperdiçado; o impacto que seu emprego tem no desenvolvimento tecnológico e social do país; além de identificar a valorização da mão de obra e maior oferta de equipamentos.

No que se refere a custo, segundo El Debs (2017) quando feita uma análise básica de custo da hora de operário de regiões mais desenvolvidas e menos desenvolvidas, e tirando como base o custo da hora de operário em canteiro de obra de alguns países da Europa, o mesmo chega a valer até cinco vezes o custo da hora de operário do Brasil.

Da mesma forma apresenta-se outra comparação que exemplifica essa questão, é a relação do custo de um dia de trabalho especializado com o custo do metro cúbico de concreto em regiões mais desenvolvidas e menos desenvolvidas.

Ainda para El Debs (2017), com a utilização do concreto pré-moldado deve-se destacar o fato de que com a sua utilização estariam sendo melhoradas, nestes países, as condições de trabalho na construção civil, afetando, sobretudo, os países mais desenvolvidos socialmente.

Mesmo em países em desenvolvimento, como o Brasil, existe uma acentuada tendência de escassez de mão de obra qualificada ou que se sujeitaria às condições de trabalho da construção civil tradicional.

Principais Elementos do Sistema Construtivo em Concreto Pré-Moldado

O método construtivo de pré-moldados apresenta sugestões de produtos, como bloco de fundações, pilares, lajes, vigas, estacas entre outros, o qual vem apresentando um crescimento na construção civil. Esses objetos podem ser utilizados em várias classificações na construção civil, da mais simples até a mais elaborada, como residenciais, industriais, mercados, Shopping Centers, ou em qualquer obra que esse sistema construtivo atender, além de apresentar uma redução considerável no tempo de construção (ACKER, 2002).

Fundações

As fundações compostas por elementos pré-moldados são diferentes quando comparados ao modelo tradicional de construção. No modelo construtivo tradicional, onde as estruturas são moldadas in loco, os pilares são engastados no bloco de fundação, o que consiste em uma estrutura travada e rígida, com a utilização de pré-moldado isso não ocorre. Com o uso de pré-moldados as Fundações são executadas conforme o projeto e recebem os pilares posteriormente (SENDEN, 2015).

Outra grande exemplo de fundações bastante utilizada nas construções são as estacas em concreto pré-moldado, pois apresentam-se como uma excelente e importante alternativa construtiva para fundações profundas em geral e também para estruturas de arrimo. É importante citar ainda, que tendo em vista a sua função principal as estacas podem dividir-se em estacas normais (executadas tento de concreto armado quanto de concreto protendido) e estacas prancha (EL DEBS, 2017).

Pilar

Os pilares pré-moldados são comumente construídos em seções quadradas ou retangulares podendo ser utilizado juntamente a outros sistemas como alvenaria, estruturas metálicas, entre outros, sempre conforme especificação e necessidade do projeto. Sua superfície de concreto é lisa e as bordas chanfradas, a peça pode ser maciça ou já ser confeccionada com orifícios para escoamento da água. Geralmente, os pilares requerem uma seção transversal mínima de 300 mm, não apenas por

motivo de manuseio, mas também para acomodar as ligações viga-pilar (ACKER, 2002).

Esses elementos apresentam maior dificuldade quanto a sua padronização haja vista sua alta complexidade, possuindo tamanhos variados de acordo com o projeto arquitetônico. Em suma, devem ser constantes ao longo de toda a estrutura podendo recuar em um nível intermediário a fim de satisfazer as necessidades da arquitetura.

Na sua produção, no intuito de facilitar o processo de transporte e montagem, são posicionados furos, de acordo com cálculo estrutural, que servirão para o içamento das peças. Já em seus níveis de pavimento, os elementos possuem insertos estruturais ou consoles para promover suporte de apoio das vigas (ACKER, 2002).

A figura 4 mostra um sistema que possui pilares com o tipo de console retangular em concreto para dar suporte às vigas da estrutura.

Figura 4: Pilares pré-moldados

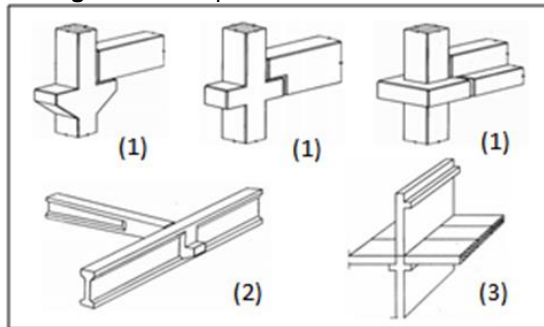


Fonte: Arquivo Pessoal (2020)

Console

Segundo Acker (2002), consoles são elementos de alta complexidade empregados nas estruturas pré-moldadas para as ligações viga-pilar (1), ligações viga-viga (2), bem como ligações piso-parede (3) (Figura 5).

Figura 5: exemplos de consoles de concreto



Fonte: ACKER (2002)

Essa região da estrutura apresenta grande probabilidade no surgimento de problemas justamente pelo fato de representar as ligações das estruturas. Esse complemento estrutural, geralmente, pode-se apresentar das seguintes formas (ACKER, 2002):

- a) Console retangular com uso de dente de Gerber:

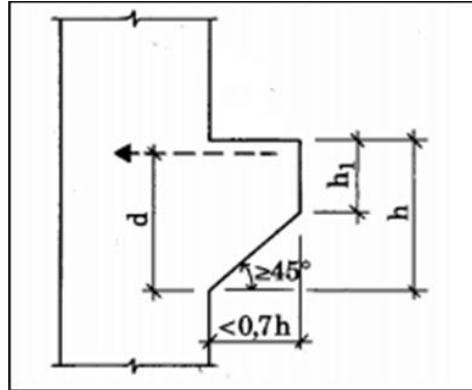
No caso de as vigas serem retangulares, o console pode apresentar forma retangular onde a largura e altura da viga apresentam metade do dente de Gerber. Esse tipo de console é muito utilizado quando, por motivo arquitetônico ou estrutural, se pretende esconder o apoio em um plano de alvenaria.

- b) Console trapezoidal:

Utilizados para apoio de vigas do tipo I, são executados normalmente na largura do pilar. Acker (2002) apresenta algumas recomendações quanto a suas dimensões.

Basicamente a altura " h_1 " de sua face não deve ser inferior que a metade da altura total " h ". O comprimento do console não deve ser maior que $0.7h$, com trecho inferior inclinado a 45° , terminando faceado a lateral do pilar conforme apresentado na figura 6.

Figura 6: Dimensões recomendada para console trapezoidal



Fonte: Adaptado de ACKER (2002)

Ainda é possível encontrarmos outros tipos de consoles como os Complementares ou os do tipo para laje alveolar, ambos são utilizados para o aumento da seção de apoio e podem ser apresentados de forma retangular, trapezoidal (Figura 7) ou, no caos de laje alveolar, até mesmo metálico (SENDEN, 2015).

Figura 7: Pilares com dois consoles trapezoidais

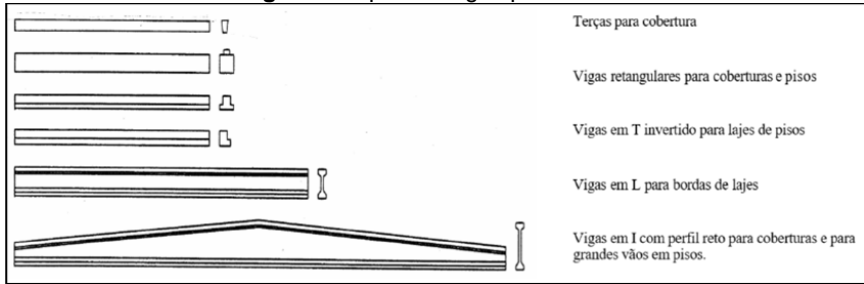


Fonte: TeA (2020)

Viga

De modo geral, são elementos que demandam um estudo mais detalhado do cálculo estrutural de um projeto. As vigas pré-moldadas possuem, usualmente, uma tendência de repetição para facilitar a fabricação, e podem ser tanto de concreto armado quanto de concreto protendido (Figura 8), variando em diversos tipos, quanto a finalidade, e formas. Para cada tipo, existe uma variedade de formas de seções transversais padronizadas disponíveis nos catálogos dos fabricantes (ACKER, 2002).

Figura 8: Tipos de vigas protendidas



Fonte: ACKER (2002)

Para as vigas retangulares é sempre melhor procurar adotar seções padrões, pois são as que apresentam a maior variedade de seções. Podem ser confeccionadas de concreto armado ou protendido.

No caso de utilização de vigas retangulares protendidas, suas dimensões ficam limitadas devido à máquina que posiciona e realiza a protensão dos cabos. Para as vigas retangulares de concreto armado é possível variar melhor suas dimensões, geralmente esse tipo de viga apresenta dente de Gerber, para apoio sobre o console localizado no pilar (BERTOLI, 2007).

Laje

Esses elementos pré-moldados não possuem a necessidade de grandes escoramentos e apresenta praticidade no processo de montagem. Dispõe de alto desempenho mecânico, consegue vencer grandes vãos, além de deter um acabamento satisfatório em suas faces inferiores. Existem lajes completamente pré-moldadas, moldadas totalmente em fábricas, e outras parcialmente pré-moldadas, composta de um sistema misto (Figura 9) (ACKER, 2002).

Figura 9: Formato de lajes

Laje	Seção da forma	Peça produzida
<i>Piso Duplo T</i>	Retângulo com prolongamento de dois I	
<i>Piso T</i>	Retângulo com prolongamento de um I	
<i>Piso U Invertido</i>	Retângulo com um I em cada extremidade	
<i>Piso Vazado</i>	Processo por máquinas extrusoras	
<i>Piso Múltiplo T</i>	Retângulo com prologamento de I	

Fonte: SENDEN (2015)

Acker (2002) menciona alguns dos tipos principais de lajes pré-moldadas mais comumente encontradas no mercado:

a) Lajes alveolares

Esses elementos possuem como principal característica, alvéolos, que são furos longitudinais que tem a intenção de reduzir seu peso próprio. São principalmente utilizadas em construções de grandes vãos como shopping centers, escolas, hospitais, etc. El Debs (2017) aponta esse tipo de elemento pré-moldado como um dos mais empregados no mundo, em especial na América do Norte e Europa. As lajes alveolares são encontradas tanto em concreto protendido quanto em concreto armado, disponíveis em espessuras diferentes a fim de satisfazer as diferentes necessidades de vão e de carga.

b) Lajes com painéis nervurados

Normalmente são feitas de concreto protendido, combinando capacidade de porte com vãos grandes. As extremidades podem ser chanfradas a fim de proporcionar uma junta divisória. Esse tipo de laje é apropriado para grandes vãos industriais, centro de distribuição, armazéns e similares.

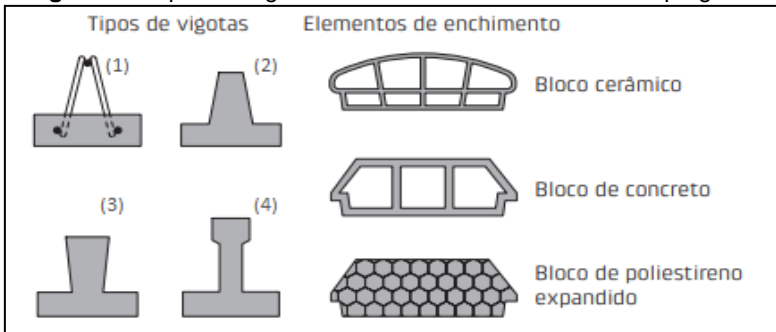
c) Sistemas compostos por meio de placas (painéis) pré-moldadas

São painéis produzidos com armaduras treliçadas, produzidos em concreto armado ou protendido, e possui acabamento liso em sua face inferior. É um típico processo que evidencia um sistema misto, de parte pré-moldada e outra moldada no local, trabalhando unidas no estágio final, apresentando uma capacidade estrutural composta.

d) Sistemas compostos por lajes com vigotas

Esse é outro tipo de sistema misto, compostos de vigotas pré-moldadas, feitas de concreto armado ou concreto protendido, posicionadas paralelamente entre si, de forma espaçada entre 0,4 e 0,8 m uma da outra. São utilizados também elementos de enchimentos pré-fabricados que são posicionados entre as vigotas (Figura 10).

Figura 10: Tipos de vigota e elementos de enchimentos empregados



Fonte: EL DEBS (2017)

(1) Vigota de concreto armado com treliça, a mais popular e comumente utilizada em construções residenciais de poucos pavimentos e facilmente encontrada no mercado.

(2) e (4) Vigotas de concreto armado comum funcionam bem com lajes pré-prontas, podem ser apoiadas em sua mesa facilitando a montagem dos panos de laje.

(3) Vigota protendida é indicada para lajes que recebem maiores cargas.

Principais Ligações e Montagens

Os pré-moldados vêm ganhando espaço em diversas construções industriais, comerciais, além das obras residenciais. Quando comparada com a construção tradicional, a qual é feita de maneira artesanal e demanda muita mão de obra, os pré-moldados ganham em agilidade, pois suas peças já chegam prontas e são montadas com máquinas (G1, 2016).

Pode-se afirmar que os pré-moldados são estruturas normatizadas dentro dos padrões de qualidade e segurança e por isso não é preciso preocupação com cuidados especiais, apenas deve-se verificar se existe algum tipo de patologia durante sua aplicação (G1, 2016).

A utilização das peças pré-moldadas ainda não foi adotada pelo mercado como um todo. Por isso, é necessário que o projetista considere, desde o início do projeto, todas as possibilidades em cada tipo de obra. Além disso, este procedimento também tem movimentação diferente da tradicional entre os seus vários componentes. Se os elementos não forem utilizados de modo compatível, podem anular as vantagens do método construtivo de pré-moldagem (ACKER, 2002).

Dentre as diversas linhas de estudo no ramo das estruturas de concreto pré-moldado destaca-se o estudo das ligações entre os seus variados elementos. Isso porque o entendimento sobre o comportamento de um sistema estrutural de concreto pré-moldado está imediatamente vinculado ao entendimento sobre o comportamento de suas ligações, que são responsáveis, entre outros, pela redistribuição dos esforços de toda estrutura.

Ainda sobre o assunto, as ligações são regiões de comportamento complexo, onde incidem concentrações de tensões, e, portanto, necessita de uma atenção especial por parte dos pesquisadores e profissionais projetistas. O impacto das ligações na construção de concreto pré-moldado é tão preponderante que grande parte dos especialistas afirma que a imensa dificuldade em seu projeto e em sua execução é o que tem trazido essa barreira a superação dos métodos construtivos convencionais pelos pré-moldados (ORDONEZ, 1974).

Existem diversos tipos de ligações entre elementos pré-fabricados, que poderão ser utilizados de acordo com a particularidade de cada obra. Os principais são: (ALBARRAN, 2008).

- Ligação pilar-fundação, entre a base do pilar e a fundação;
- Ligação pilar-pilar, entre o topo e a base de pilares distintos, geralmente realizados em elementos de altura elevada;
- Ligação pilar-laje, entre a seção do pilar e a face transversal da laje;
- Ligação viga-pilar; entre as extremidades da viga e o apoio dos pilares, geralmente na região dos nós;
- Ligação viga-viga, entre extremidades de vigas ou vigas principais e secundárias;
- Ligação laje-viga, entre as extremidades da laje e apoio das vigas que recebem as lajes;
- Ligação laje-laje, entre painéis pré-fabricados.

Ligações pilar-fundação

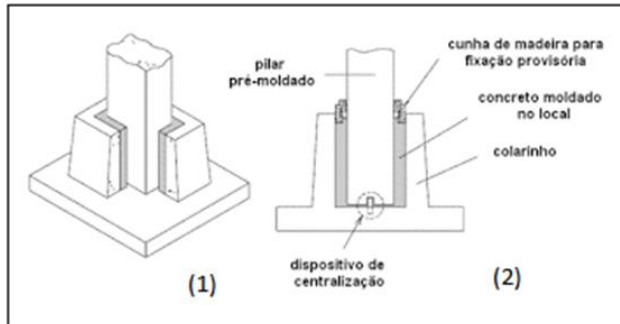
Os principais tipos de ligação entre pilar e fundação são divididos, basicamente, em: (JAGUARIBE, 2005).

a) Cálice:

No que diz respeito à transmissão de carga para fundação, este método representa o tipo de ligação pilar-fundação mais utilizada do Brasil em estruturas de pré-moldados. A ligação em si é feita embutindo-se um trecho do pilar em uma cavidade no elemento da fundação, seu posicionamento em planta e nível é feito mediante o uso de dispositivos de centralização. Sua fixação, antes da concretagem da junta, é feita por intermédio de cunhas de madeira dispostas nos quatro lados do cálice, impedindo assim seu deslocamento (JAGUARIBE, 2005).

A figura 1 (2) representa o Pilar posicionado dentro do cálice com os travamentos provisórios, onde cunhas de madeira são utilizadas para manter a peça na posição desejada até seu posicionamento permanente / (1) ilustra o conjunto pilar x cálice.

Figura 1: Detalhe do cálice com pilar



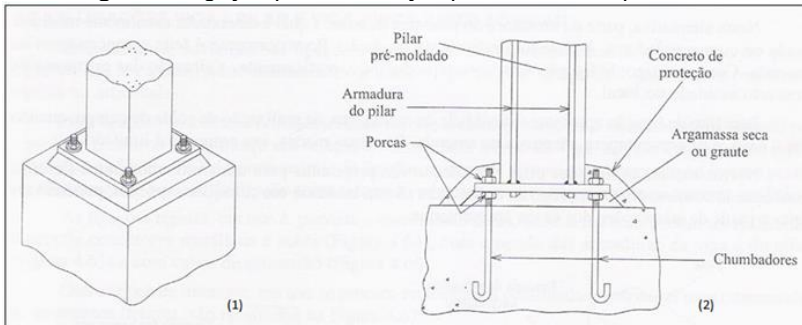
Fonte: SEDEN (2015)

b) Chapa de Base:

Nesse tipo de ligação as forças atuantes no pilar são transmitidas para a fundação através uma chapa metálica soldada a sua base e afixada à fundação através de chumbadores. O nível e o prumo são estabelecidos por meio de porca e contra porca. Após a fixação do pilar com a fundação, o espaço vazio entre eles é preenchido com argamassa seca ou graute, conforme descrição do projeto (JAGUARIBE, 2005).

Na figura 2 (2) detalha o nivelamento e prumo do pilar, feito mediante regulagem das porcas da parte abaixo da chapa. / (1) representa a Ligação pilar x fundação já finalizada.

Figura 2: Ligação pilar x fundação por meio de chapa de base



Fonte: SENDEN (2015)

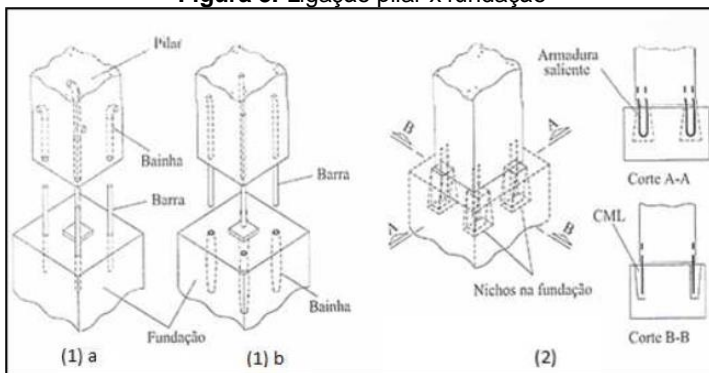
b) Emenda de armadura com bainha e graute:

Existirá uma projeção da armadura do pilar ou da fundação para fora do elemento nesse tipo de ligação, caracterizando assim o que chamamos de espera. A ligação se dá quando a armadura projetada é introduzida em bainha previamente colocada no elemento adjacente, onde o espaço entre a bainha e a barra é preenchido com graute, assim como o espaço entre a fundação e o pilar (JAGUARIBE, 2005).

Sendo que neste caso será necessário um escoramento provisório para a concretagem da ligação.

Na figura 3 (1)'a' a bainhinha está posicionada no pilar. / (1)'b' mostra a bainhinha posicionada no bloco de ligação. / (2) representa a ligação finalizada.

Figura 3: Ligação pilar x fundação



Fonte: SENDEN (2015)

Ligações Pilar-Pilar

Existem praticamente duas situações distintas de ligação pilar-pilar a serem projetados e executados. O primeiro tipo de ligação acontece na região das vigas ou a meia altura entre pisos, sendo que nesse primeiro caso, há a possibilidade de diminuir a quantidade de ligações a serem efetuadas no local de montagem, embora o tipo de ligação a ser realizada seja mais complexo. No segundo caso, a ligação é feita na região em que os momentos fletores no pilar são mais baixos, sendo, por tanto a sua solicitação menos crítica para o comportamento da estrutura (ALBARRAN, 2008).

O autor cita ainda que a execução das ligações pilar - pilar parafusadas é extremamente semelhante às ligações realizadas entre pilar-fundação. A ligação entre pilares é executada através de bainhas, que se encaixam através das barras de espera que estão posicionadas no pilar imediatamente abaixo, sendo posteriormente grauteadas para preencher a ligação. A continuidade das armaduras é garantida através de esperas rosqueáveis, que posteriormente são parafusadas à armadura dos pilares sendo depois o espaço preenchido com graute.

Ligações Pilar e Laje

Esse tipo de ligação é a que possui uma maior complexidade de ser determinada pelos profissionais projetistas. Na ótica da execução, não há o contato entre o pilar e a laje devido à colocação de placas de isopor no alvéolo das lajes, onde se cria uma junta entre a capa de consolidação (concreto de capeamento posterior) e o pilar. Apenas em alguns outros casos específicos,

na busca de eliminar a junta de concretagem e para permitir a ligação entre o pilar e a laje, é realizada a ligação com a introdução de uma armadura entre os elementos (MELO, 2004).

Ligações Viga – Pilar

Para esse tipo ligação usa-se geralmente chumbadores, ligações com pino de encaixe, com parafusos e com perfil metálico de encaixe.

Segundo Acker (2002), é evidente a existência de uma tendência para embutir insertos metálicos nas ligações viga–pilar. A vantagem encontrada com esta solução é que a interseção entre pilar e viga é limpa, sem qualquer saliência de um consolo. Por esta razão, essa ligação é extremamente atrativa quando se leva em consideração o ponto de vista estético, existindo várias soluções no mercado.

Uma dificuldade que pode ser apontada para ligações embutidas é o nivelamento e altura das peças, o mínimo de irregularidade pode comprometer bastante a qualidade da ligação.

Ligações Viga – Viga

A ação de solidariedade entre as vigas está basicamente dividida em ligação entre peças com o mesmo eixo e ligação entre vigas secundárias e vigas principais. “A ligação entre vigas com o mesmo eixo ocorre, normalmente, quando se pretende deslocar a ligação para fora da região crítica (nó entre a viga e o pilar), onde os momentos fletores são mais baixos” (ALBARRAN 2008).

Segundo o mesmo autor a ligação entre viga secundária e viga principal é realizada por meio da continuidade das armaduras superiores através de negativos existentes na viga principal e também das armaduras superiores, com o processo de concretagem nessa parte superior da viga sendo executada “*in loco*”.

Ligações Laje – Viga

Essa ligação entre laje-viga precisa ser observada por meio de dois sentidos distintos: sobre o ponto de vista construtivo e sobre o da continuidade estrutural a ser projetada na viga de apoio (ALBARRAN, 2008).

“Nos modelos comuns, a laje alveolar pré-fabricada é considerada um grande pano rígido e funciona como um diafragma na estrutura. O seu apoio sobre a viga ocorre em grandes áreas e, em função do atrito, a aproximação é aceitável” (MELO, 2004).

A superfície de contato entre a laje, a viga e o concreto complementar precisa ser o mais rugosa possível, de maneira que consiga garantir uma melhor ligação entre esses elementos. As diversas soluções a serem apresentadas para a ligação entre laje e viga não depende da tipologia de laje a ser adotada. As vigas que apresentam as abas para o apoio das lajes

alveolares, por exemplo, apresentam ainda estribos salientes ou até mesmo esperas que se destinam não apenas com a finalidade de resistir aos esforços cortantes, mas como também a garantir uma resistência ao cisalhamento na área da junta entre a viga pré-fabricada e o concreto de complemento (ALBARRAN, 2008).

Ligações Laje – Laje

Assim como na ligação Pilar - pilar, aqui também são apresentados dois tipos de ligações de montagem laje – laje: ligações laterais entre dois painéis de laje adjacentes e ligações de topo entre extremidades de duas peças de laje.

A primeira ligação citada está relacionada ao tipo de laje a ser utilizada, onde as juntas longitudinais dos painéis serão solicitadas essencialmente aos esforços de cisalhamento. Já a segunda ligação é geralmente utilizada em vigas ou abas de apoio de lajes maciças onde existe uma necessidade de continuidade das lajes sobre os apoios (ALBARRAN, 2008).

Para o caso das lajes alveolares, as juntas longitudinais precisam possuir uma superfície dentada ou rugosa, conhecidas como chaves de cisalhamento, que “trabalham como barreiras mecânicas que previnem qualquer deslizamento significativo ao longo da junta” (ACKER, 2002).

Processo de Manuseio e Montagem

A montagem dos elementos pré-moldados, que de modo geral consiste em seu posicionamento definitivo na obra, deve ser realizada por intermédio de máquinas e equipamentos, utilizando pontos de suspensão definidos em projeto, na figura de dispositivos auxiliares apropriados, localizado nas peças de concreto (Figura 11) (ABNT, 2017).

Figura 11: Içamento de viga retangular



Fonte: Arquivo Pessoal (2020)

El Debs (2017) afirma que os dispositivos auxiliares utilizados para o manuseio e montagem dos elementos, destinados, na maior parte das vezes, ao içamento, estão divididos em dispositivos internos e externos.

Existem diversos fatores que influenciam na correta escolha do equipamento a ser utilizado no processo de manuseio e montagem dos elementos pré-moldados. El Debs (2017), por sua vez, lista alguns desses fatores:

- Pesos, dimensões e raios de levantamento das peças mais pesadas e maiores;
- Número de levantamentos a serem realizados e frequência das atividades;
- Mobilidade necessária, condições disponíveis de campo e espaço;
- Necessidade de transporte dos elementos levantados;
- Necessidades de manter os elementos no ar por período considerável;
- Condições topográficas de acesso; e
- Disponibilidade e custo do equipamento.

Vantagens e Desvantagens com utilização em Concreto Pré-Moldado

O uso dos elementos pré-moldados traz consigo características específicas, num misto de facilidades a serem contempladas e necessidades a serem observadas no decorrer da execução do projeto. Sendo assim, podemos destacar algumas vantagens e as desvantagens obtidas na utilização de pré-moldados como método construtivo.

Vantagens com utilização em Concreto Pré-Moldado

O uso de elementos pré-moldados na construção favorece a organização das etapas da construção, o que em suma gera uma velocidade na execução da obra, sendo esta uma das maiores vantagens obtida. Executar parte da estrutura fora do local de sua utilização facilita a produção das peças e reduz o cimbramento da estrutura, outra grande vantagem do sistema pré-moldado.

Para El Debs (2017), “nos casos em que a construção é executada com um único elemento pré-moldado, as vantagens seriam a redução do cimbramento e no nível do solo, as facilidades de execução de fôrma, moldagem e da armação”.

Acker (2002) pontua algumas outras vantagens relativas à utilização dos pré-moldados, tais como:

- **Produtos feitos na fábrica** – possibilita um processo de produção mais eficiente e racional, com trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, e etc.

- **Uso otimizado de materiais** – quando comparado a construções moldadas no local, possui um maior potencial econômico, desempenho estrutural e durabilidade, tendo em vista que são utilizados equipamentos modernos no processo de fabricação das peças.
- **Menor tempo de construção** – Segundo Acker (2002), “menos da metade do tempo necessário para construção convencional”.
- **Qualidade** – o Controle de produção é pautado em procedimentos, instruções, inspeções regulares, testes e utilização dos resultados dos equipamentos de controle, matéria-prima, outros insumos, processos de produção e produtos. Onde resultados de inspeção, por exemplo, ficam disponíveis aos clientes.
- **Adaptabilidade** - para Acker (2002) futuramente, haverá uma diminuição na demolição das edificações, e maior demanda de projetos para adaptar essas construções já existentes.
- **Construções menos agressivas ao meio ambiente** – devido a sua redução de até 45% dos materiais, redução do consumo de energia que chega até 30%, além da diminuição do desperdício com demolição, que pode chegar até 40%. Apresentando-se assim como uma alternativa viável no contexto do meio ambiente.

Desvantagens com utilização em Concreto Pré-Moldado

No entanto, com a utilização do sistema de pré-moldado, faz-se necessário observar algumas necessidades peculiaridades, que, de alguma forma, desfavorece seu emprego. El Debs (2017) aponta que as desvantagens estão relacionadas a colocação dos elementos no seu lugar definitivo de utilização, como:

- **Custos de transporte e montagem dos elementos** - Por se tratar de elementos que necessitam de equipamentos específicos para seu manuseio (Transporte, montagem), o transporte se torna mais caro que o das matérias-primas dos componentes para uma obra em estrutura tradicional.
- **Limitações de transporte** – peças têm limitações de tamanho com a finalidade de se respeitar gabaritos de transporte.
- **Disponibilidade e acesso dos equipamentos** – está relacionada principalmente com o fato de serem necessários equipamentos especiais como caminhões, guias, guindastes e afins; sendo essencial uma logística bem alinhada.
- **Ligações entre os elementos** – fator esse que, segundo El Debs (2017) constitui em uma das dificuldades do emprego de pré-moldados. Pois ligações simplificadas acarretam em estruturas mais pobres quanto às solicitações, enquanto as ligações que tentam reduzir o monolitismo das estruturas convencionais são mais caras e trabalhosas.

CONCLUSÃO

Ainda que em nosso país exista resistência no mercado quanto à utilização do sistema construtivo de concreto pré-moldado, por motivos já mencionados inicialmente, gradativamente, a utilização desse método vem conquistando seu espaço no ramo da construção civil. Por se tratar de um sistema construtivo industrializado, como apontou El Debs (2017), o método é bastante utilizado em construções de maiores proporções como galpões, indústrias, estádios, grandes instituições, e afins. Isso pode estar ligado ao fato da repetição na padronização de suas estruturas, capacidade logística de acomodar e receber equipamentos e dispositivos auxiliares de manuseio na área de execução da obra, trazendo assim rapidez no processo de construção, além de outros fatores.

De acordo o estudo realizado, o concreto pré-moldado possui vantagens significativas no processo de construção, assim como desvantagens a serem consideradas, além de uma atenção rigorosa quanto à ligação entre os elementos estruturais como vigas, pilares e lajes. Fato é que para se tirar melhor proveito do método construtivo em questão faz-se extremamente necessário considerar essa forma de construção desde o início do projeto preliminar, numa atuação integrada entre arquitetos e calculistas, a fim de avaliar a viabilidade de seu emprego, bem como o seu custo-benefício.

Por tanto, o método construtivo de pré-moldados é uma tecnologia que está disseminada, tem avançado bastante, mas não possui característica predominante sobre os demais métodos de construção. Sua concepção em um projeto deve seve ser encarado com “pé no chão”, devido às dificuldades inerentes ao seu processo. Por outro lado, o mesmo escritor alerta sobre se ter os “olhos no futuro”, pois à medida que aumenta o desenvolvimento social e tecnológico no país, avançam também as chances de evolução e utilização da técnica de construção em elementos pré-moldados, principalmente considerando que vivemos em um mundo cada vez mais preocupado e atento às alternativas e parâmetros sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBARRAN, E.G. **Construção com Elementos Pré-Fabricados em Betão Armado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

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

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

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-fabricado de Concreto**. FIB/2002.

BERTOLI, R. C. **Concreto pré – moldado: Execução de vigas e pilares**. Monografia do curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco. 2007.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações**. 2 ed. São Paulo, SP. Oficina de Textos. 2017

G1. **Pré-moldados e pré-fabricados são opções rápidas para construir**. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/sao-paulo/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/mercado-imobiliario-do-interior/noticia/2016/02/pre-moldados-e-pre-fabricados-sao-opcoes-rapidas-para-construir.html> Acesso em: 24 de maio de 2018.

JAGUARIBE JR, K. B. **Ligação pilar-fundação por meio de cálice em estruturas de concreto pré-moldado com profundidade de embutimento reduzida**. 2005. Dissertação (Mestrado) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos Pré-Fabricados de Concreto**. São Paulo: ED. PINI, 2004.

ORDÓÑEZ, J. A. F. (1974). **Prefabricación: teoría y práctica**. Barcelona, Editores Técnicos Asociados.

SENDEN, H. O. T. S. **Sistemas Construtivos em Concreto Pré-Moldado**. Projeto de Graduação. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2015.

T&A **Pré-Fabricados**. Disponível em: http://www.tea.com.br/?page_id=395 Acesso em: 25/03/2020.