

Revisão sobre a utilização de elementos pré-fabricados**Review on the use of prefabricated elements**

DOI:10.34117/bjdv6n10-103

Recebimento dos originais: 05/09/2020

Aceitação para publicação: 06/10/2020

Leonardo Lunkes Wagner

Mestrando no programa de Pós graduação em Meio Ambiente e Tecnologias Sustentáveis pela Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo- RS, Brasil
leonardolunkeswagner@gmail.com

Ana Laura Stringhini Corrêa

Engenheira Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI, Campus Santo Ângelo/RS, Brasil
anascorrea20@gmail.com

Denizard Batista de Freitas

Mestre em Ensino Científico e Tecnológico pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santo Ângelo/RS, professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Campus Santo Ângelo/RS
denizardf@san.uri.br

RESUMO

A utilização de pré-fabricados na construção civil está ganhando dia a após dia mais espaço em obras de pequeno, médio e grande porte. Atualmente a sua utilização não está mais vinculada a construções de pontes, galpões ou obras rústicas, de baixa altura e para utilização na agricultura ou indústrias. Prédios de baixo e alto padrão já se utilizam de elementos pré-fabricados ou pré-moldados, em sua totalidade ou parcialmente, bem como indústrias que requerem de elementos mais elaborados também se utilizam deste método construtivo. Este trabalho buscará desenvolver os principais conceitos sobre estruturas pré-fabricadas e suas peças estruturais a partir de uma revisão bibliográfica.

Palavras-chave: Pré-Fabricado, Pré-moldado, Construção civil, Concreto protendido, Concreto armado.

ABSTRACT

The use of prefabricated products in civil construction is gaining more space day by day in small, medium and large-sized projects. Currently, its use is no longer linked to the construction of bridges, warehouses or rustic works, of low height and for use in agriculture or industries. Low and high standard buildings already use prefabricated or precast elements, in whole or in part, as well as industries that require more elaborate elements, also use this constructive method. This work will seek to develop the main concepts about prefabricated structures and their structural parts from a bibliographic review.

Keywords: Prefabricated, Precast, Construction, Prestressed concrete, Reinforced concrete.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de estruturas pré-fabricadas e pré-moldadas de concreto vem ganhando força nos últimos anos, principalmente devido a sua agilidade, racionalidade e diminuição do tempo de execução da obra. Há uma variedade de opções de estruturas que podem ser executadas com esse sistema construtivo, variando de galpões, a prédios e pontes. Conforme Pfeil (1991) os projetos com vigas pré-moldadas são muito econômicos para vãos de 15 a 30m em edifícios e de 20 a 40m para pontes.

Segundo Ordonez (1974) apud. Brumatti (2008) a pré-moldagem “é uma fabricação fora do canteiro, de partes da construção, capazes de serem utilizadas mediante ações posteriores de montagem”

A utilização de estruturas pré-moldadas em edificações relaciona-se diretamente a uma construção econômica, durável estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica, onde as indústrias responsáveis pela obtenção dessas peças estruturais vem buscando atender a demanda da sociedade relacionada a economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (ACKER, 2002).

O objetivo desse trabalho é reunir alguns dos principais conceitos de estruturas pré-fabricadas, definindo-a e trazendo algumas vantagens de sua utilização.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir de revisão em periódicos, anais de congresso e livros, desenvolveu-se uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e temas que abordam sobre sistemas estruturais e construtivos pré-fabricados e pré-moldados de concreto.

3 PRÉ-FABRICADOS E PRÉ-MOLDADOS

A NBR 9062:2017 Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, define em seu item 3.8 como elemento pré-moldado, aquele elemento previamente moldado e fora do local de utilização definitiva da estrutura, onde devem seguir as prescrições das ABNT NBR 14931 e ABNT 12655, seguindo controle de qualidade e inspeção das peças. Já o item 3.9, define como elemento pré-fabricado o elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que atendam requisitos de qualidade e inspeção mais abrangentes, além de serem executados com mão de obra especializada, matéria prima previamente qualificada, equipamentos industriais, bem como cura controlada.

A utilização de elementos pré-fabricados se justifica por vários motivos, sendo que um dos principais, está relacionado a racionalização. Conforme autores, como El Debs (2012) e Acker

(2002), relacionam a racionalização a melhora da qualidade e a produtividade, bem como a redução dos custos.

Para Acker (2002) é errôneo pensar que elementos pré-fabricados não possuam flexibilidade arquitetônica. Construções modernas podem ser projetadas e executadas de forma segura e econômica, possuindo consideráveis recursos para melhorar a eficiência estrutural. No entanto, quando utilizados elementos com planos ortogonais, um bom grau de regularidade e repetição em sua malha estrutural facilita a fabricação e a modulação.

De modo geral indústrias de pré-fabricados buscam produzir suas peças de maneira eficiente, ágil e com ótima qualidade de acabamento em todas as fases da produção. Em muitos casos, as mesmas podem possuir sistemas de fabricação em conformidade com os requisitos da NBR ISO 9001 Sistema de Gestão da Qualidade, onde todos os elementos são controlados, seguindo as normas vigentes para a sua produção.

4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS

A utilização de elementos pré-fabricados possui várias vantagens dentre elas a racionalização, o aumento da produtividade, padronização, a simultaneidade de cronograma e organização do canteiro de obra.

Segundo Mamede (2001), “a racionalização deve estar presente em todas as fases do processo, desde as concepções iniciais, passando pelo desenvolvimento do projeto, até atingir a etapa de produção”. A utilização de elementos pré-fabricados apresenta vantagens de otimização das obras, melhorando a qualidade final do produto, pois ocorre uma redução do desperdício de material, bem como deixa de resolver os detalhes de execução da obra de forma artesanal.

Outro ponto a ser considerado é que elementos pré-fabricados são produzidos em fábricas e posteriormente transportados para as obras, onde, as mesmas podem ter um canteiro reduzido e também mais organizado. As peças podem ser transportadas e produzidas conforme o cronograma e execução da obra, sendo seu transporte ocorrendo conforme a ordem de montagem das peças. Quando utilizado sistemas de protensão, as peças podem vencer maiores vãos, trazendo um melhor aproveitamento dos espaços internos das edificações.

Conforme Sirtoli (2015, p.19), “na fabricação dos elementos, há uma grande reutilização das formas, um dos grandes motivos para a diminuição de custos e perdas de materiais. Na maioria dos casos as formas são metálicas, apresentando uma maior vida útil em relação a formas de madeira.

Há certas desvantagens em sua utilização como a necessidade do projeto ser o mais modular possível, por exemplo. As peças necessitam de equipamentos especiais para transporte e montagem,

podendo causar esforços transitórios mais importantes que os instalados. As ligações devem ser projetadas para assegurar a estabilidade dos sistemas estruturais.

5 ELEMENTOS ESTRUTURAIS PRÉ-FABRICADOS

Elementos estruturais como cálices, estacas, vigas, pilares, lajes, paredes de vedação, escadas, podem ser pré-fabricadas. Estes elementos podem apresentar maior ou menor complexidade para sua confecção.

Conforme o manual Munte (2004), “os pilares são as peças mais complexas com maior dificuldade de execução, tanto nas definições de projeto quanto na fábrica.” Os detalhes, de modo geral, são incorporados no projeto individual dos pilares, e por isso mesmo eles são as peças menos padronizadas do sistema pré-fabricado. Os pilares podem ter elementos complementares como consoles, insertos, UR's e pinos, sendo que todos estes elementos, quando comporem a peça, devem ser especificados individualmente. Os consoles geralmente estão presentes em duas ou três faces para facilitar a execução dos mesmos, devendo ser evitados consoles na quarta face, sendo que nem sempre isto é possível. A Figura 1 apresenta uma cabeça de pilar com os pinos para ancoragem e um console.

Figura 1. Cabeça de pilar



Já as vigas, que são os elementos estruturais mais estudados no cálculo estrutural, quando pré-fabricadas, podem ser protendidas ou armadas, apresentando seções variadas como retangulares, I, V ou caixa. As vigas podem alcançar, quando em seção retangular e simplesmente armadas na ordem de 10m (EL DEBS, 2017). Já as vigas de seção I, adotadas normalmente nas coberturas, são empregadas nas faixas de 10m a 40m. Em princípio, o concreto protendido é o mais apropriado para essas vigas, a não ser em vãos pequenos”. O Manual Munte (2004), sugere que as vigas pré-fabricadas devem possuir a maior repetitividade possível, para assim possuir uma maior racionalidade e

facilidade de execução. A Figura 2 apresenta uma viga que irá receber uma laje pré-fabricada para posterior concretagem.

Figura 2: Viga pré-fabricada



As lajes alveolares, que são elementos com furos longitudinais, distribuídos de maneira uniforme, com a finalidade de reduzir o peso próprio do elemento (PAGOTO; CAMICA, 2013). Conforme Debs (2017), as lajes alveolares podem ser utilizadas para lajes de entresolos e como painéis de fechamento, substituindo paredes convencionais. Geralmente é executado em formas estacionárias por extrusão ou por formas deslizantes. O concreto utilizado em sua moldagem costuma ter uma consistência seca. “Os painéis alveolares variam basicamente em relação à forma de vazamento, que pode ser circular, ovalado, retangular” (DEBS, 2017, p.336). Devido ao formato de suas seções, é apropriado a utilização de concreto protendido, assim tem-se uma redução das alturas das seções transversais e a possibilidade de alcançar maiores vãos. Segundo Manual Munte (2004), a armação da laje alveolar em sua maioria é composta apenas por cabos de protensão no sentido longitudinal da laje. Em função do método de execução pode usar armadura passiva associada, como no caso de balanços. As juntas podem ter necessidade de armadura de cisalhamento. A Figura 3 apresenta uma laje alveolar.

Figura 3. Laje alveolar



As escadas são elementos estruturais que geram certo transtorno na obra quando moldadas in loco, principalmente quando se utiliza elementos pré-fabricados. Conforme El Debs (2017) as escadas pré-fabricadas podem ter os mais diferentes tipos e formatos podendo a mesma possuir ou não patamares de descanso, podendo até mesmo possuir formato helicoidal.

6 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

De acordo com vários autores o processo de utilização de elementos em concreto pré-fabricado feito em fábrica envolve as seguintes etapas: execução dos elementos, transporte da fábrica à obra, montagem e realização das ligações. Conforme El Debs (2017) a execução de elementos pré-fabricados pode ser subdividida em atividades preliminares, execução, e atividades posteriores.

a) Atividades Preliminares

As atividades preliminares incluem a separação dos materiais, dosagem mistura do concreto, preparo e montagem das armaduras.

Conforme as NBR 9062:2017 as fábricas de pré-fabricados, para assim se caracterizarem, entre outros requisitos, necessitam ter controle dos materiais que serão utilizados na produção das peças. Segundo esta mesma norma em seu item 8.2.1.1 diz que “Aos aglomerantes, aos agregados e à água, quanto ao recebimento dos materiais e armazenamento, aplica-se o disposto nas ABNT NBR 12655 e ABNT NBR 14931.”

Por se tratar de uma produção em grande escala pode-se ter uma central de concreto própria da fábrica e assim suprir a sua demanda, oferecendo um concreto adequado para a moldagem. Para atender as especificações e controle tecnológico os concretos produzidos devem ser dosados e verificados através da trabalhabilidade, resistência mecânica compressão.

Os aços que serão utilizados deverão seguir as normas vigentes, bem como apresentando certificados do fabricante, com a placa de identificação dos lotes de aço recebido constando as informações do mesmo.

b) Execução das peças

A execução das peças vai da montagem das formas, colocação das armaduras, concretagem, cura e desmoldagem e acabamento.

A montagem e o tipo de formas variam em função do tipo de peça e sistema estrutural que é utilizado para a execução das mesmas. Conforme El Debs (2017) em linhas gerais, existem fôrmas estacionárias, fôrmas móveis (carrossel), fôrmas do tipo pista de concretagem e fôrmas com base magnetizadas. Neste trabalho iremos citar o primeiro e o último tipo de fôrma. De acordo com este

mesmo autor as fôrmas são elementos fundamentais na fabricação de pré-fabricados, pois as mesmas definem a qualidade e a produtividade do processo. A qualidade desejável nas formas são:

- Estabilidade volumétrica, para manter as dimensões desejadas;
- Possibilidade de grande reutilização, sem gastos excessivos com manutenção;
- Fácil manejo;
- Pouca aderência com o concreto e fácil limpeza;
- Facilidade de desmoldagem;
- Estanqueidade e versatilidade.

As formas estacionárias são aquelas que os trabalhos ocorrem ao redor da forma, pois as mesmas permanecem na mesma posição em todos os processos. Já a execução em pistas de concretagem ocorre ao longo de uma linha de produção. Os elementos produzidos neste tipo de forma, são as lajes alveolares feitas por extrusão ou por forma deslizante, com sistemas de protensão.

As pistas de concretagem para lajes alveolares ainda contam com elementos auxiliares para a execução dos alvéolos. As formas de realizar os alvéolos variam com a utilização de tubos de papelão ou EPS, que são perdidos no processo, ou então com a utilização de tubos de aço que são retirados após o início da pega do cimento, ou então com tubos inflados de água ou ar.

Estando as formas montadas, coloca-se as armaduras nas mesmas. Quando em concreto armado as armaduras normalmente encontram-se montadas e em alguns casos necessitando de ajustes finais. A montagem das armaduras em concreto armado é feita manualmente ou com o auxílio de máquinas para corte e dobragem dos estribos e barras. Em fábricas de maiores, para facilitar o processo, utiliza-se equipamentos que fazem a pré-montagem das armaduras através da distribuição de estribos e soldagem dos mesmos na posição correta, onde após em bancadas adiciona-se as demais armaduras necessárias a peça.

A concretagem conforme El Debs (2017) atualmente é feita utilizando concreto auto adensável. O concreto auto adensável (CCA) “é capaz de se moldar nas fôrmas por conta própria e preencher, sem necessidade nenhuma de vibração ou compactação externa de qualquer natureza, os espaços destinados a ele” (TUTIKIAN, 2008, p.7). Conforme este mesmo autor, a utilização de CCA apresenta uma série de vantagens como eliminação de reparos na estrutura, aumento da velocidade de concretagem, redução de ruído e diminuição do número de trabalhadores. Ainda pode-se citar a redução a redução do barulho causado pela vibração e redução da energia necessária para a colocação do concreto.

O concreto auto adensável (CCA), antes da concretagem deve passar pelo ensaio de espalhamento conhecido com Slump flow test. Este ensaio é utilizado para medir a capacidade do

CCA de fluir livremente sem segregar. A medida da fluidez é obtida através do diâmetro do círculo formado pelo concreto.

Nesta parte do processo também são retirados corpos de prova seguindo a NBR 5738:2015 Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova para ensaio de resistência à compressão. Os corpos de prova normalmente apresentam formato cilíndrico com dimensões 15x30cm. Com o auxílio de um bastão metálico são moldados três a quatro corpos de prova com quatro camadas e 50 golpes cada. No caso de concreto auto adensável o mesmo dispensa a realização de adensamento. A colocação do concreto nas formas varia de fábrica para fábrica, podendo esta ser através de bicas, içadas por pontes rolantes através de bombas de concretagem ou até mesmo manual.

A colocação do concreto nas formas varia de fábrica para fábrica, podendo esta ser através de bicas, içadas por pontes rolantes através de bombas de concretagem ou até mesmo manual.

O manuseio das peças deve seguir as recomendações do item 10.1 da NBR 9062:2017, onde:

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 perfeitamente definidos em projeto, evitando-se choques e movimentos abruptos. Devem ser obedecidas as especificações do projeto de içamento (ângulos e posicionamentos) para os cabos de aço e outros dispositivos de içamento, conforme disposto em 5.3.3. As máquinas de suspensão, balancins, cabos de aço, ganchos e outros dispositivos devem ser dimensionados levando-se em conta as solicitações dinâmicas, conforme o disposto em 5.3.2.

Ainda conforme a NBR 9062:2017, em seu item 8.2.2.2 estabelece um que para saque, manuseio, transporte e montagem “[...] deve ser definida em projeto a resistência do concreto para a referida etapa do processo, com o mínimo de 15 MPa para elementos em concreto armado e 21 MPa para elementos em concreto protendido[...].”

As peças após desmoldagem devem estar perfeitas, no entanto em alguns casos pode ser necessário a correção de imperfeições como bolhas, bicheiras ou fissuras que surgirem. Conforme Sirtoli (2015) para corrigir esses pequenos defeitos podem ser feitas estucagens, e o caldeamento onde é aplicado uma calda de cimento na superfície da peça para a deixar mais homogênea. As correções, ou insertos são feitos na região de acabamento ou maquiagem.

c) Atividades posteriores

As atividades posteriores correspondem ao transporte interno dentro da fábrica, até a estocagem e transporte ao canteiro de obras.

Dentro da fábrica o transporte é feito através de pontes rolantes, pórticos rolantes, carrinhos de rolamento, monotrinhos e outros equipamentos do gênero. Conforme El Debs (2017) os equipamentos mais utilizados são as pontes e os pórticos rolantes.

O armazenamento normalmente ocorre de modo transitório em área apropriada. Conforme El Debs (2017, p.60) o armazenamento ocorre por algumas questões fundamentais como planejamento da produção e para o aumento da resistência da peça até que a mesma alcance a resistência de projeto.

O transporte até a obra ocorre por caminhões onde as peças devem ser dispostas com cautela e bem fixadas, de maneira que não tombem, deslizem ou sejam danificadas. O trajeto e os acessos ao canteiro devem ser conhecidos pelos projetistas, pois podem impactar nas dimensões dos elementos.

7 MEDIÇÃO E QUALIDADE DAS PEÇAS

Ao falarmos de elementos pré-fabricados, deve sempre se ter em mente que os mesmos possuem um grande controle em suas peças, onde todos os processos envolvidos devem ser bem definidos, avaliados e caso ocorra alguma desconformidade deve haver a correção ou descarte das peças.

Desde a montagem das formas até a entrega na obra pode-se ter procedimentos que identifiquem problemas e os corrijam. Contudo, os procedimentos de verificação mais utilizados são a medição e qualidade visual da peça.

A medição consiste na medição dos elementos propriamente ditos após concretados, onde o mesmo não deve ultrapassar os limites impostos pela NBR 9062:2017.

Além da medição das dimensões, deve ser realizada a medição da resistência do concreto a partir dos corpos de prova moldados no processo de moldagem.

Outra verificação a ser realizada refere-se às imperfeições muitas vezes deixadas após sua desforma. Estas imperfeições devem ser avaliadas, pois sua correção pode, em casos mais extremos, não ser recomendada.

8 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou os principais conceitos e normas sobre estruturas de concreto pré-fabricados. Mesmo sendo relacionados com construções rústicas, este sistema construtivo e estrutural apresenta uma grande versatilidade, principalmente relacionado a racionalização de matérias, organização do canteiro de obras e agilidade de execução.

Somado a isso a adequação as especificações do produto ao qual se emprega em uma obra é assegurada, pois todos os processos, incluindo a fabricação das peças são controlados e devem atender aos requisitos das normas.

Conclui-se assim que os pré-fabricados são sistemas que podem ser empregados em diferentes tipos de obras, devido a facilidade e a agilidade que os mesmos proporcionam.

REFERÊNCIAS

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

_____. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. NBR 6118. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. Execução de estruturas de concreto – Procedimento. NBR 14931. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. Sistema de gestão da qualidade – Requisitos. NBR ISO 9001. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT 2015.

_____. Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. NBR 12655. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRUMATTI, Dioni O. Uso de pré-moldados – estudos de viabilidade. Trabalho de conclusão de curso – universidade Federal de Minas Gerais. Vitoria: 2008

EL DEBS, Mounir Khalil. Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e aplicações. 2 ed. São Paulo: oficina de Textos, 2017.

MAMEDE, Fabiana Cristina. Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural. Dissertação de mestrado Universidade São Carlos. São Carlos: 2001.

MUNTE CONSTRUÇÕES INDUSTRIALIZADAS. Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto. São Paulo: Pini, 2004.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações. Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria: 2015.

SOUSA, V. (2012). Sistemas integrados de gestão: qualidade, ambiente e segurança. Dissertação de mestrado, Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/4004/7/Ap%C3%AAndice%20A%20-%20Sistema%20de%20Gest%C3%A3o%20da%20Qualidade.pdf>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

Brazilian Journal of Development

SOUSA, Josué Alves. Produção de peças estruturais de concreto pré-moldado. Lages: 2013. Disponível em: < <https://revista.uniplac.net/ojs/index.php/engcivil/article/download/975/685>> Acesso em: 24 nov. 2018.

VAN ACKER, A. Sistemas construtivos pré-fabricados de concreto. FIP, 2002. Tradução por Marcelo de Araújo Ferreira. ABCIC: 2003.

TUTIKIAN, Berneando Fonseca. Concreto auto adensável. São Paulo: Pini, 2008.