

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ESTRUTURA PRÉ-MOLDADA

Kaique Fernando Ramos Andreotti¹

Rafael Sebastião Cícero²

RESUMO

É realmente vantajoso construir utilizando-se a estrutura pré-moldada? Essa pergunta é o problema central deste artigo, que tem como objetivo discorrer quais são as vantagens e desvantagens desse método construtivo. Para tanto, a pesquisa se desenvolveu bibliograficamente e estruturou-se em três partes: a primeira relata o contexto histórico no Brasil sobre as estruturas pré-moldadas que começaram a ser implantadas no país em 1926, a segunda parte contextualiza sobre quais são os elementos construtivos dessa tecnologia como as lajes, vigas, pilares e fundações, e por fim, a terceira parte expõe quais são as vantagens e desvantagens presentes na estrutura pré-moldada. No momento de decisão da utilização da estrutura pré-moldada, deve-se levar em consideração todos os fatores pertinentes a execução como: distância a serem montadas, compatibilidade com projeto, custo benefício, entre outros fatores. Contudo, conclui-se que a estrutura pré-moldada é um excelente método construtivo pelo fato de ser sustentável e em alguns casos, mais eficiente e com um custo mais em conta.

Palavras-chave: Custo benefício. Eficiência. Sustentável.

ABSTRACT

Is it really advantageous to build using the precast structure? This question is the main problem of this article, which aims to discuss the advantages and disadvantages of this constructive method. Therefore, the research was developed bibliographically and was structured in three parts: the first reports the historical context in Brazil about the precast structures that began to be implemented in the country in 1926, the second part contextualizes what the constructive elements are this technology such as slabs, beams, pillars and foundations, and finally, the third part exposes the advantages and disadvantages present in the precast structure. When deciding on the use of the precast structure, all factors relevant to the execution must be taken into account, such as: distance to be assembled, compatibility with the project, cost-effectiveness, among other factors. However, it is concluded that the precast structure is an excellent constructive method because it is sustainable and, in some cases, more efficient and with a more affordable cost.

Keywords: Cost benefit. Efficiency. Sustainable.

¹ Kaique Fernando Ramos Andreotti; Graduando do 10º semestre do curso de Engenharia Civil Faculdade de Ciências Sociais do Vale do São Lourenço

² Rafael Sebastião Cícero; Engenheiro Ambiental e de Segurança do Trabalho, licenciado em física e matemática, especialista em metodologia de ensino da matemática, mestrando em ensino de Física pela Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)

1 INTRODUÇÃO

De acordo com El Debs (2000), o Brasil é país atrasado no setor de construção, devido ao fato de não saberem aproveitar os materiais, gerando um grande desperdício, outro fator é a sua baixa produtividade e também baixo controle de qualidade fornecido pelos construtores.

Dessa forma, El Debs (2000), relata que com a utilização das estruturas pré-moldadas, podem eliminar todos esses problemas, fazendo com que seja um método bastantes eficiente para os problemas brasileiros. Pré-moldado como o próprio nome já diz é um tipo de estrutura que não é moldada *in loco*, ela é produzida em industrias especializadas e transportadas até o consumidor final, onde serão montadas de uma forma mais rápida e eficiente do método convencional.

No método convencional, uma das partes que possui o custo mais elevado em relação as estruturas são as escoras e as fôrmas. No Pré-moldado, não necessita daqueles devido as peças serem produzidas fora da obra, oque acarreta um custo menor por peça. No dia-a-dia, as estruturas pré-moldadas abrangem praticamente todas as áreas de construção, como edificações, obras civis e industriais e infraestrutura urbana (EL DEBS, 2000).

Em relação as vantagens, Da Silva (2019) pontua que como as peças são produzidas em indústria especializadas, podem possuir um controle rigoroso de qualidade, devido a maior atenção que ela terá na concretagem e no desenforme. Haverá também uma diminuição nos desperdícios de materiais, devido a ausência de madeira desde a concretagem até o escoramento. Outro ponto é a sustentabilidade, no qual utiliza-se menos água e madeira para a fabricação.

Já as desvantagens, Da Silva (2019), relata que o material e a mão de obra podem ser um problema para essa tecnologia, pelo fato de exigir uma mão de obra especializada e também a aquisição de equipamentos especializados serem de pouca disponibilidade. O transporte também será uma desvantagem, pelo motivo de algumas obras serem montadas em locais de difíceis acessos ou em distâncias muito longas, isso acabaria inviabilizado a execução pelo custo do frete.

O objetivo deste artigo é relatar as principais vantagens e desvantagens da estrutura Pré-moldada, bem como expor a viabilidade e inviabilidade de sua execução discorrendo sobre os processos de fabricação e montagem, também comentar sobre como é montado no local da obra as peças pré-fabricada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos deste artigo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica composta de três etapas que proporcionaram a estruturação do texto.

A primeira etapa realizou-se a pesquisa do contexto histórico do pré-moldado no Brasil, que em 1926 foi executada a primeira obra dessa tecnologia, onde foi construído o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro.

A segunda etapa considerou os tipos de elementos estruturais presente no pré-moldado, que são basicamente as lajes, vigas, pilares e fundações. Detalhe que as fundações não englobam uma estrutura pré-moldada, pelo fato de não serem executadas em indústrias, mais sim na obra, porém, no decorrer do artigo consta os tipos de fundações que são próprias da estrutura pré-moldada, diferentemente da convencional.

A terceira etapa buscou-se atender a pergunta central deste artigo, que no caso é as vantagens e desvantagens da estrutura pré-moldada e também pontuou se é realmente vantajoso construir com estruturas pré-fabricadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Pré-moldado no Brasil

Pré-moldado segundo El Debs (2000), é uma técnica que consiste em evitar o desperdício de materiais, poupar tempo e ter um rigoroso controle de materiais na execução da obra. Com isso, pode-se dizer que o custo final da obra será reduzido devido aos métodos aplicados.

De acordo com Vasconcelos (2002) não se sabe ao certo o início das construções com estruturas pré-moldadas, apenas sabe-se que ela surgiu com a introdução do concreto armado e antes de serem concretadas no local da obra, já eram moldadas peças em outros locais de fabricação.

Uma das primeiras obras realizada com estrutura pré-moldada segundo Vasconcelos (2002), foi o Hipódromo da Gávea em 1926, como pode ser visto na figura 1, que contou com diversas peças de pré-moldagem em seu corpo e principalmente em sua fundação, que se usou

estacas pré-moldadas. Alguns anos depois, a construtora Mauá que é especializada na construção indústria, executou milhares de barracões com as estrutura pré-moldada.



Figura 1- Hipódromo da Gávea.
Fonte: Jockey Club Brasileiro.

Em 1964 havia-se a necessidade de construir um complexo estudantil da USP na Cidade Universitária de Armando Salles de Oliveira, em São Paulo. O projeto consistia em 12 prédios de 12 pavimentos cada, para servir de moradia aos jovens que iriam ingressar na faculdade. Haveria então os jogos Panamericanos sediados no Brasil, e os representantes cogitaram na possibilidade de alojar os atletas nas dependências do CRUSP, porém o prazo era extremamente apertado para tal. Foi então que a empresa Ribeiro Franco S.A de São Paulo apresentou a proposta da construção em pré-moldado, no entanto, a empresa responsável pela administração desconfiou da nova tecnologia e deixou apenas 6 prédios dos 12 para a companhia Ribeiro Franco executar. Como nunca haviam executado uma obra com estruturas pré-moldadas, houveram atrasos na entrega da obra no qual os prédios em estrutura convencional ficaram prontos primeiro, (VASCONCELOS, 2002).



Figura 2 – Complexo estudantil da CRUSP
Fonte: Universidade de São Paulo

Conforme El Debs (2000), o consumo de concreto no Brasil ainda é relativamente baixo em comparação com outros países. O mesmo ocupa a 13ª posição em relação ao consumo, ficando atrás de países como Dinamarca, Alemanha e Estados Unidos, porém, com a alta procura, a tendência do mercado é reverter esses números.

3.2 Elementos estruturais

3.2.1 Laje Alveolar

De acordo com El Debs (2000), o uso da estrutura pré-moldada é muito diversificada, podendo ser utilizada em residências, indústrias, edifícios, infraestrutura, etc.

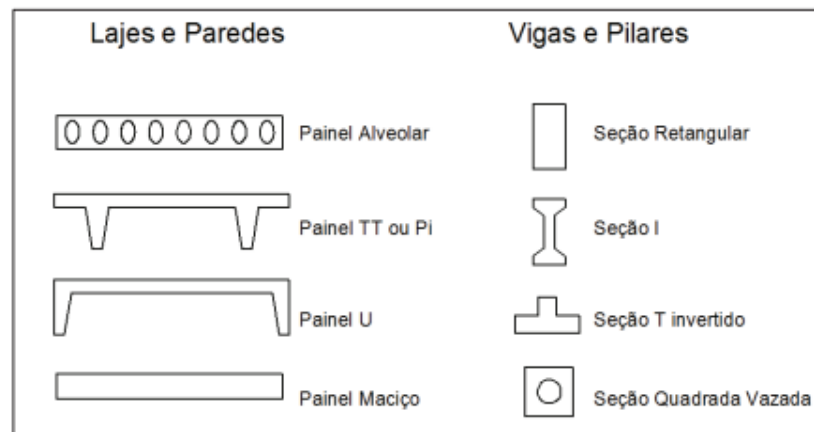


Figura 3 – Os elementos estruturais mais comuns
Fonte: Adaptado de El Debs (2000)

Segundo El Debs (2000), as lajes protendidas alveolares possuem cordoalhas armadas em uma fábrica especializada, com uma pista de protensão adequada para o trabalho. Esse tipo de laje pré-moldada de seção formadas por painéis em concreto e com sua altura sempre constante. Devido a esse tipo de tecnologia, e possível reduzir o consumo de materiais na construção e também pode ser realizado a execução em edifícios que possuem vãos exacerbados, contudo, de acordo com El Debs (2000), o vão máximo que esse elemento suporta é ≤ 20 metros, com um peso por área de 2,0 a 4,8 kN/m².

Ainda segundo El Debs (2000), para a execução da laje alveolar, necessita de alguns cuidados especiais que na estrutura convencional não possui. Na armadura das lajes, é dotada especialmente com armadura ativa na parte de baixo e também na mesa superior, visto que não possui armadura que combata o esforço cortante.

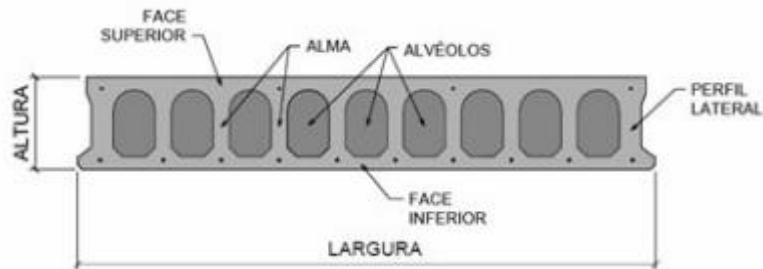


Figura 4 – Painel Alveolar
Fonte: ARAUJO (2007)

3.2.2 Vigas

As vigas são elementos no qual recebem o peso da cobertura e também das lajes. O Concreto Pré-moldado: Fundações e Aplicações (2000, p.252) descreve vários tipos de vigas de seções transversais, como as retangulares, seção "T", seção "T" invertido e seção "L"

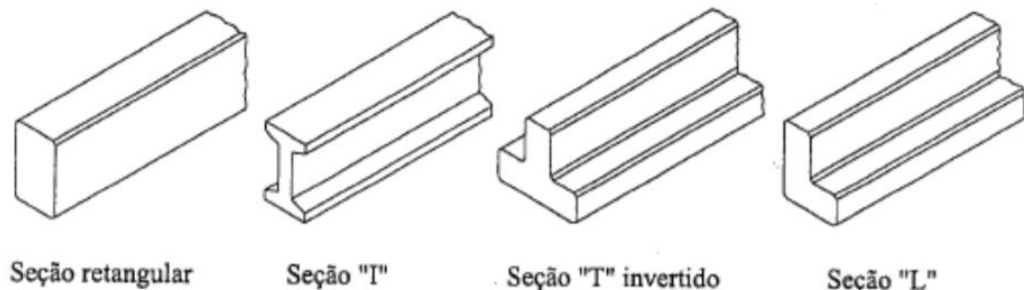


Figura 5 - Seções utilizadas nos elementos de vigas
Fonte: Adaptado de El Debs (2000)

Bertolli (2007), define as vigas como elementos que sofrem flexão e para ter uma seção útil melhor aproveitada, utiliza-se seções múltiplas de 10cm. Geralmente são apoiadas em consoles nos pilares, no qual nomeia-se de pilar-viga ou quando uma viga apoia em outra viga, esse tipo de apoio denomina-se viga-viga.

De acordo com Senden (2015), as vigas retangulares são as que suportam seções variadas de acordo com a tipologia do projeto e o caso a ser estudado. Para servir de apoio desse elemento, ela acompanha um dente de Gerber com $H = \frac{Hv}{2}$ para apoiar sua base no pilar juntamente com uma camada de Neoprene.

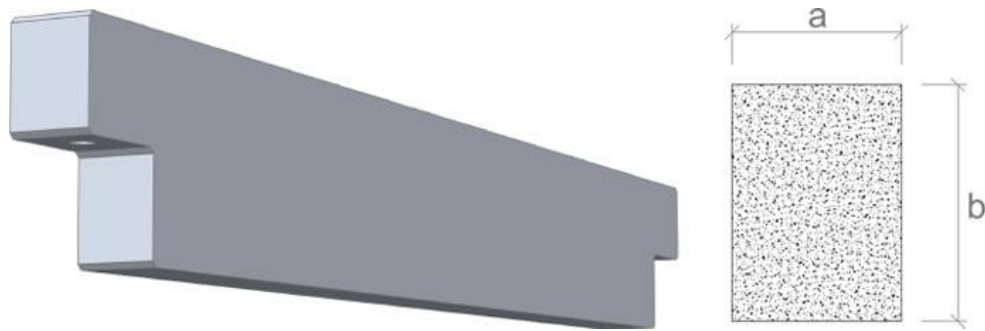


Figura 6 - Viga Retangular
Fonte: ATC Estruturas (2016)

As vigas suporte-protendidas são geralmente dotadas de seções I ou L e possuem e toda sua extensão consoles para o apoio das lajes (SENDEN, 2015).



Figura 7- Viga suporte-protendida
Fonte: Henry Seden (2015)

3.3 Pilares

De acordo com Bertotolli (2007), os pilares são as peças pré-moldadas mais difíceis de serem executadas, devido a várias alturas e seções que o projeto arquitetônico trás. Possuem vários formatos, dentre os mais utilizados, são os pilares de seções quadradas e retangulares qual é uma forma que melhor se adapta ao projeto. Para receber as vigas, na estrutura convencional, feito o engastamento da viga no pilar com as armaduras e concretagem. Já no pré-moldado, existe um elemento chamado console, o qual é uma peça que tem que o formato trapezoidal ou retangular, dependendo do esforço solicitante ou da arquitetura. Esse componente estrutural está situado na viga baldrame, nas vigas intermediárias e no respaldo, onde serve de apoio para tal elemento.

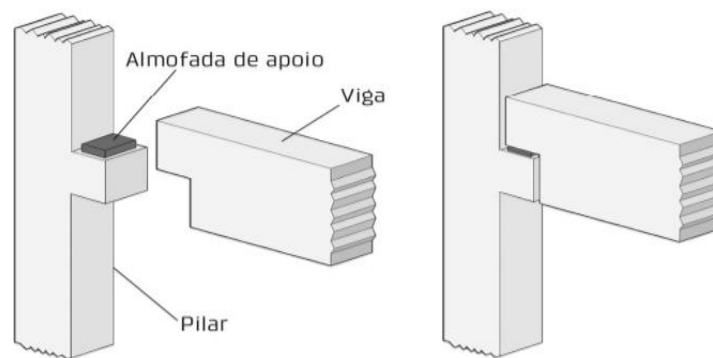


Figura 8- Pilar com console para viga
Fonte: El Debs (2000)

3.4 Fundação

Existem basicamente 4 tipos de fundações pré-moldadas, a tipo Cálice, onde o pilar é encaixado em um dispositivo de centralização que facilita sua prumada com o uso de cunhas. Feito o encaixe do pilar, a cavidade concretada com graute ou concreto puro. O outro tipo de fundação é a de chapa base, que consiste em chumbadores concretados em um bloco onde na parte superior existe uma chapa metálica que por sua vez, também existe na parte inferior do pilar. Instalado o pilar no prumo, coloca-se porcas nos chumbares onde é feito o rosqueamento que por sua vez irá enrijecer a peça, por fim, onde possui um espaço vazio, é concretado com graute para a fixação, (SENDEN, 2015)

De acordo com Senden (2015), possui ainda a emenda de armadura com a bainha e o graute. Esse tipo de fundação não é de fácil execução então é bem pouco utilizado, mas consiste em deixar esperas no pilar e ao fim encaixa-los nas cavidades da fundação. E por fim, existe

também a fundação com armadura saliente, onde os pilares a fundação possui esperas e podem ser acopladas ou soldadas.

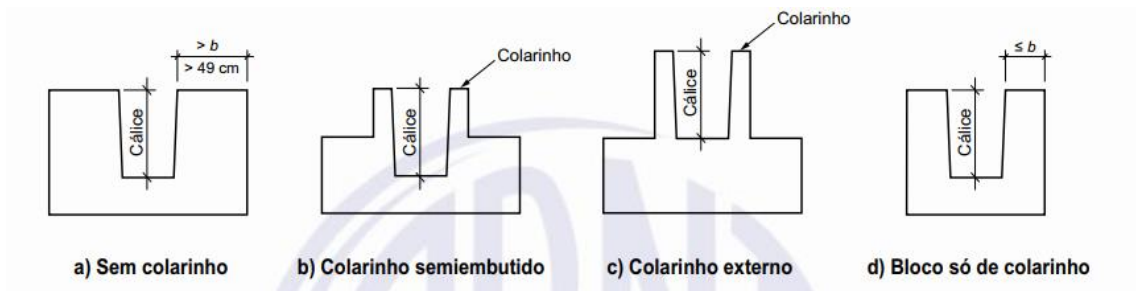


Figura 8 - Detalhe de fundação tipo cálice

Fonte: Adaptado NBR 9062 (2017)

3.5 Fabricação

De acordo com El Debs (2000), existem basicamente 4 processos de fabricação

- Processo de elaboração da forma e da armadura: esse processo consiste em montar a forma onde a peça será moldada, colocar a armadura montada ou monta-la o local, alocar peças complementares, como o gancho de transporte.
- Concretagem: nesse processo ocorre a concretagem da peça. O concreto deve ser adensado e posteriormente realizar o acabamento da mesma
- Processo de cura do concreto: a peça concretada fica na forma ate que seja adquirida a resistência necessária.
- Desmoldagem: no ultimo processo de fabricação, após a peça adquirir a resistência necessária, é feito a desmoldagem, onde a peça é retirada da fôrma e armazenada ou levada para o local de montagem.

3.6.1 Processos de fabricação e transporte

3.6.1.1 Fôrmas

Segundo El Debs (2000), um dos principais processos de fabricação é a execução das fôrmas, pois ela é um elemento fundamental, onde pode ser visto visualmente a qualidade da peça.

Para que uma fôrma atinja as qualidades impecáveis, é necessário uma série de requisitos: ela deve possuir uma estabilidade volumétrica para que as dimensões estabelecidas no projeto sejam obedecidas, devem ser feitas de materiais resistentes como madeira tratada,

fôrmas de aço, plástico reforçado com fibra de vidro, dentro outros, para que sejam reutilizadas mais vezes. Outra qualidade necessária é a apresentação de pouca aderência com o concreto, pois deve haver um desenforme fácil e sem que possa danificar a peça. A fôrma deve haver uma estanqueidade, pois não pode em hipótese alguma o vazamento do concreto durante a concretagem (EL DEBS, 2000).

3.6.1.2 Armadura

A execução da armadura é basicamente os mesmos métodos da estrutura convencional moldadas no local, porém pode haver uma vantagem de quando montadas em uma indústria especializada, pode requerer aos meios mais rápidos como utilizar uma máquina de corte e dobra de aço ou também uma pista rolante para o transporte da armadura até o local da concretagem (EL DEBS, 2000).

3.6.1.3 Concretagem e Adensamento

El Debs (2000) relata que o adensamento do concreto é de suma importância, pois é onde ele adquire sua qualidade. O concreto para estruturas pré-moldadas deve-se utilizar uma resistência mais alta do que as moldadas no local, então pensando nisso deve haver algumas formas de adensamento que proporcionam um FCK superior. A vibração é essencial na fase de concretagem, ela ocorre quando o concreto é posto na fôrma e por meio de mangueiras vibratórias, vão eliminando os espaços vazios no concreto

3.6.1.4 Cura do concreto

Sobre a aceleração do processo de cura do concreto se deve ao fato de:

Na execução de elementos pré-moldados procura-se sempre liberar a fôrma e o elemento moldado o mais rápido possível, ou seja, procura-se reduzir o chamado “tempo morto” para aumentar a produtividade do processo (EL DEBS, 2000, p. 44).

As formas mais utilizadas para o processo de aceleração e cura são as de utilizar um cimento de alta resistência, aumentar a temperatura da peça e por fim, utilizar aditivos. No método de elevação de temperatura, há alguns cuidados que devem ser observados, pois se a temperatura estiver muito elevada ou se deixa a peça exposta por muito tempo, pode ocorrer a perda de água necessária para a hidratação do cimento, e isso pode ocasionar a diminuição de sua resistência (EL DEBS, 2000).

Outra forma de aceleração do processo de cura é o uso de aditivos, apesar de ser pouco utilizado. Esse método é raro devido aos primeiros aditivos serem feitos a base de cloreto de cálcio, o qual é um inimigo do aço pelo fato de provocar corrosões na armadura (EL DEBS, 2000).

3.6.1.5 Desmoldagem

De acordo com El Debs (2000), a desmoldagem dependerá da fôrma a ser utilizada, pois cada uma tem um método diferente. Porém possuem basicamente três métodos propriamente ditos:

- Desmoldagem direta: a peça pré-moldada é retirada da fôrma com dispositivos de içamento e podem ou não ser retirada as peças laterais.
- Por separação dos elementos: Neste método, é para a execução de painéis, que também consiste em um dispositivo de içamento.
- Por tombamento de fôrma: Também é projetado para a execução de painéis, onde o elemento é moldado em uma fôrma horizontal e após o processo de cura, é posicionado na posição vertical para a desmoldagem

Todo o processo de desmoldagem é feito por meio de dispositivos mecânicos de içamento, devido a isso, a fôrma deve apresentar pouca aderência com a peça para que o desmolde ocorra de forma fácil e sem danificar a o elemento. A resistência do concreto deve ser apresentada em projeto, porém há um F_{ck} mínimo para que ocorra a desmoldagem, no qual não deve ser inferior a 10 Mpa (EL DEBS, 2000).

3.6.1.6 Transporte

El Debs (2000), relata que o transporte que é feito da fábrica até o local de montagem, pode ser realizado por eixos rodoviários, ferroviários e marítimo, isso depende do local a ser montado. No Brasil, o meio de transporte mais comum é o rodoviário por meio de caminhões e carretas. Para o transporte dessas peças é necessário um cuidado especial devido as ações dinâmicas que ocorrem durante o transporte e podem danificar o elemento, devido a isso, recomenda-se o uso de acessório de fixação no caminhão para que as peças permanecem em repouso.

3.7 Montagem

A montagem das peças depende basicamente dos equipamentos de montagem e também de seus operadores. As mais comuns são as auto gruas e grua de torre, aquele pode ser sobre pneus ou esteiras, dependendo do tipo de seu uso. Para o uso de montagem de estruturas não tão robustas e de porte menor, utiliza-se um guindaste acoplado em um caminhão (EL DEBS, 2000).



Figura 9 - Guindaste acoplado em um caminhão
Fonte: Gomes Locações (2019)

3.8. Principais vantagens

De acordo com Da Silva (2019), a estrutura pré-moldada apresenta diversas vantagens que podem somar no momento da decisão de usa-la:

3.8.1 Controle de qualidade

Como as peças são fabricadas em indústrias especializadas, tem-se um rigoroso controle de qualidade para que não saia elementos de pouca qualidade.

3.8.2 Desperdício de materiais

Os elementos apenas serão montados no local, então não necessita de escoramento, o que reduz drasticamente o uso de madeiras, pregos, arames e etc.

3.8.3 Espaço na obra

Já que a estrutura vem pronta aguardando apenas a montagem, o local da obra fica limpo e espaçoso, visto que não terá armaduras, madeiras entre outros materiais.

3.8.4 Sustentabilidade

Essa é uma das principais vantagens da estrutura pré-moldada, pelo fato de economizar muitos materiais e também água e madeira.

3.8.5 Agilidade

Outra das principais vantagens é agilidade na construção, dependendo da demanda da fábrica, pode ser fabricado e montado em pouco tempo.

3.9 Desvantagens

Da Silva (2019), pontua que assim como todo método construtivo, a estrutura pré-moldada também apresenta desvantagens.

3.9.1 Sistema Tributário

A tributação específica pode elevar o custo das peças nas fabricas.

3.9.2 Mão de obra

Para a fabricação e montagem, diferentemente da estrutura convencional, o pré-moldado necessita de uma mão de obra especializada para realização das tarefas.

3.9.3 Superdimensionamento da estrutura

Além de considerar os cálculos de esforços solicitantes, o projetista deve dimensionar estrutura para suportar os momentos causados no transporte e na montagem.

3.9.4 Transporte para longas distâncias

O Transporte pode ser uma desvantagem para esse método construtivo, devido o alto custo do frete para longas distancias e também em locais de difícil acesso.

4 CONCLUSÃO

Portanto, podemos concluir que a estrutura pré-moldada é um excelente método construtivo pelo fato de obter-se agilidade, sustentabilidade e economicidade em sua execução. Apesar dessa tecnologia estar ainda em crescimento no Brasil, os engenheiros devem sim promover o uso dos pré-fabricados para seus clientes, principalmente para aqueles que querem construir obras industriais, no qual o pré-moldado é amplamente superior em vantagens sobre as estruturas convencionais em obras não residenciais.

Para aqueles desejam construir com o pré-moldado, devem observar todos os custos envolvidos em sua execução, ainda mais se for executado em longas distancias ou em lugares de difícil acesso. a caminhões, já que necessita de um caminhão acoplado com um guindaste para ser feito o manuseio das peças, desde a retirada da carga até a montagem.

Por fim pontua-se que o pré-moldado é indicado para construções industriais e para edificações que possuam uma limitação arquitetônica desejada pelo pré-moldado, também é indicado para obras que se situam relativamente perto da fábrica e que não seja de difícil acesso.

5 REFERÊNCIAS

ARAUJO, C.A.M. **Estudo de lajes alveolares pré-tracionadas com auxílio de programa computacional**. 2007. 128. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, julho de 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90297/242583.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 01 de outubro de 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2017. Acesso em 25 de outubro de 2021.

ATC Estruturas. **Vigas**. 2016. Disponível em: <https://atcestruturas.com.br/vigas>. Acesso em 18 de outubro de 2021.

BERTOLLI, R. C. **Concreto Pré-moldado: execução de viga e pilares**. 2007. 49. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade São Francisco, Itatiba, 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2593510-Concreto-pre-moldado-execucao-de-vigas-e-pilares.html>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

DA SILVA, C. P. **COMPARAÇÃO ECONÔMICA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADA E MOLDADA *IN LOCO* CONVENCIONAL EM SOBRADO RESIDENCIAL NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**. 2019. 66. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2019. Disponível em: <https://www2.unifap.br/engcivil/files/2020/01/TCC-FINAL-COMPLETO.pdf>. Acesso em 08 de outubro de 2021.

EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos, SP: EESC USP, 2000.

Erika Yamamoto. **Renovação do Crusp começa com reforma do Bloco D e da marquise**. **Jornal da USP**, 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/transformacao-do-crusp-comeca-com-reforma-do-bloco-d-e-da-marquise>. Acesso em: 13 de outubro de 2021.

Gomes locações. **Montagem de pré-moldados**. 2019. Disponível em: <https://www.gomeslocacoes.com/montagem-de-pre-moldados>. Acesso em 22 de outubro de 2021.

Jockey Club. **Emoção, beleza e entretenimento no maior hipódromo do Brasil**. Jockey Club brasileiro, 2021. Disponível em: <https://www.jcb.com.br/historia>. Acesso em: 05 de outubro de 2021.

SENDEN, H. O. T. **Sistema construtiva em concreto pré-moldado**. 2015. 55. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, agosto de 2015. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10015768.pdf>. Acesso em 03 de outubro de 2021.

VASCONCELLOS, A.C. **O concreto no Brasil: Pré-fabricação, monumentos, fundações**. São Paulo, SP: Studio Nobel, 2022. Acesso em 25 de setembro de 2021.