



## **Monografia**

# **CONCRETO PRÉ-MOLDADO: PROCESSOS EXECUTIVOS E ANÁLISE DE MERCADO**

Autor(a): Daniel Freitas Caputo Oliveira  
Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte  
Janeiro/2015

Daniel Freitas Caputo Oliveira

**CONCRETO PRÉ-MOLDADO: PROCESSOS EXECUTIVOS E ANÁLISE DE  
MERCADO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em Construção Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais.

Enfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2015

Dedico este trabalho a Diana, minha noiva, amiga e companheira.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente a minha orientadora, que com muita dedicação e comprometimento me ajudou neste projeto, à minha noiva, que está sempre me apoiando e ajudando em tudo o que preciso e aos meus colegas que contribuíram na pesquisa. A todos, meu obrigado.

## RESUMO

O uso do concreto pré-moldado é utilizado nas chamadas construções secas, por evitar o desperdício de materiais e permitir que a execução seja mais rápida e sustentável em comparação com os sistemas convencionais de concreto moldado *in loco*. Por causa desses atributos, o concreto pré-moldado ocupa um espaço cada vez maior no mercado da engenharia civil. A proposta do trabalho é, primeiramente, realizar um estudo bibliográfico a respeito do tema integrado com um estudo da viabilidade técnica e econômica de obras industrializadas com peças de concreto pré-moldado e analisar os seus processos de produção, identificando os seus benefícios e os seus pontos negativos. Para tal, serão usadas pesquisas bibliográficas e pesquisas de mercado através de um questionário enviado para empresas de engenharia de Belo Horizonte. No questionário são abordadas questões que envolvem o motivo da escolha do sistema de concreto pré-moldado e os tipos de construção mais frequentes para este sistema, bem como as suas aplicações. O questionário foi respondido por cinco profissionais da engenharia, que utilizam os sistemas de pré-fabricação por causa de sua excelente economia e sustentabilidade na construção.

Após concluída a pesquisa, pôde-se constatar que os pesquisados conhecem as vantagens do uso dos pré-moldados, porém enfrentam vários empecilhos como a sua baixa difusão no Brasil, que geram pouca disponibilidade de mão-de-obra e que os sistemas de pré-moldagem são mais usados em construções de baixo custo como em residências populares.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1 Histórico e Evolução .....	3
3.1.1 Concretos pré-moldados no Brasil.....	4
3.2 Peças e aplicações .....	8
3.2.1 Sistemas aporticados.....	11
3.2.2 Sistema esqueleto .....	12
3.2.3 Painéis portantes .....	13
3.2.4 Fachadas .....	14
3.2.5 Pontes .....	14
3.2.6 Fundações .....	15
3.3 Fabricação e moldagem.....	16
3.3.1 Pré-fabricação em usina .....	16
3.3.2 Pré-fabricação no local .....	17
3.3.3 Processo de fabricação e moldagem.....	17
3.3.3.1 As armaduras.....	18
3.3.3.2 As fôrmas.....	19
3.3.3.3 O concreto .....	20
3.4 Projeto e execução .....	21
3.4.1 Projeto .....	21
3.4.2 Execução .....	24
3.4.2.1 Colocação das peças verticais.....	24
3.5 Vantagens e desvantagens.....	28
4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	31

5. CONCLUSÕES .....	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
7. APENDICE .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Stadio San Nicola, Bari, Itália .....	1
Figura 2 – Hipódromo da Gávea .....	5
Figura 3 – Construção do CRUSP .....	6
Figura 4 – Gráfico: percentual de cimento destinado a pré-fabricados e pré-moldados .....	7
Figura 5 – Gráfico: Consumo de cimentos em pré-fabricado no Brasil (ano x 1000 ton).....	8
Figura 6 – Gráfico: Participação do pré-fabricado no consumo de cimento no Brasil (ano x porcentagem).....	8
Figura 7 – Exemplos de seções transversais para peças de concreto pré-moldado .....	10
Figura 8 – Consolos para apoio em estruturas pré-moldadas .....	10
Figura 9 – Laje alveolar.....	11
Figura 10 – Sistema aporticado .....	12
Figura 11 – Construção do Shopping Estação e da Estação .....	13
Figura 12 – Exemplo de Construções em painéis portantes.....	14
Figura 13 – Montagem por balanços sucessivos .....	15
Figura 14 – Etapas da fabricação do concreto pré-fabricado .....	17
Figura 15 – Fôrma metálica para pré-fabricados .....	19
Figura 16 – Exemplo de apoio para pré-moldado.....	22
Figura 17 – Placa de calço.....	25
Figura 18 – Içamento de painel pré-moldado .....	25
Figura 19 – Uso de mão francesa .....	26
Figura 20 – Aplicação de argamassas na junta horizontal.....	26
Figura 21 – Aplicação de graute para solidarização da estrutura .....	27
Figura 22 – Fôrma para graute nas juntas horizontais.....	27
Figura 23 – Selante elastomérico .....	28
Figura 24 – Gráfico da pergunta 3 .....	32
Figura 25 – Gráfico da pergunta 4 .....	33

Figura 26 – Gráfico da pergunta 5 .....	34
Figura 27 – Gráfico da pergunta 6 .....	34
Figura 28 – Gráfico da pergunta 7 .....	35
Figura 29 – Gráfico da pergunta 8 .....	36
Figura 30 – Gráfico da pergunta 10 .....	37
Figura 31 – Gráfico da pergunta 11 .....	38
Figura 32 – Gráfico da pergunta 12 .....	39
Figura 33 – Gráfico da pergunta 13 .....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de elementos em concreto pré-moldado.....	9
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do concreto pré-moldado.....	28
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens do concreto moldado in loco.....	29

## LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABCIC = Associação Brasileira de Construção Industrializada de Concreto

ABDI = Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

BCA = *Building and Construction Authority*

CP = Cimento Portland

CRUSP = Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo

FUNDUSP = Fundo de Construção da Universidade de São Paulo

NBR = Norma Brasileira

PVC = Policloreto de Vinila

USP = Universidade de São Paulo

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda de obras sustentáveis no mercado de construção civil vem cada vez mais exigindo métodos alternativos que possibilitem uma construção mais econômica e racional. Para tal, a pré-moldagem e pré-fabricação do concreto entram como possíveis soluções. Na figura 1 encontra-se o Stadio San Nicola, projeto do arquiteto Renzo Piano localizado em Bari, Itália. Construído entre 1987 e 1990 para a Copa do Mundo é um exemplo de grandes obras que usam os pré-moldados de concreto no mundo.



Figura 1 – Stadio San Nicola, Bari, Itália  
Fonte: Nakamura (2006).

A aplicação do concreto pré-moldado e pré-fabricado traz vários benefícios. Por exemplo, o reuso de suas formas e considerável redução de desperdício que trazem economia e sustentabilidade, a sua rapidez de execução, a maior facilidade no controle de qualidade no canteiro de obra e a industrialização na construção civil.

Os concretos pré-moldados e pré-fabricados são materiais versáteis e possuem diversas aplicações e tipos de sistemas dentro da construção civil. Dessa forma, é importante saber quais são as melhores aplicações para este sistema construtivo de estruturas, pesquisando quando e onde é mais usual.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do trabalho é descrever os processos executivos necessários para a construção de uma estrutura com peças de concreto pré-moldado e realizar um estudo comparativo da viabilidade técnico financeira deste tipo de concreto com outras estruturas como o concreto moldado *in loco* através de pesquisas por questionário junto a empresas de engenharia localizadas em Belo Horizonte.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Histórico e Evolução**

Segundo a NBR 9062:2006 – Projeto e execução de concreto pré-moldado, o concreto pré-moldado é um elemento executado fora do seu local final de utilização que foi produzido em condições menos rigorosas de controle de qualidade e que é inspecionado individualmente ou por lotes, pelo próprio construtor, fiscalização do proprietário ou de organizações especializadas e que não necessitam de controle no laboratório ou outras instalações congêneres próprias.

A mesma norma da ABNT já define elemento pré-fabricado como elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Segundo Vasconcelos (2002), não é possível se saber com precisão, quando se começou a usar a fabricação pré-moldada do concreto, já que na origem do concreto armado, ele já era moldado fora do local de sua aplicação final. Dessa maneira, pode-se dizer que a pré-moldagem surgiu junto com o surgimento do concreto armado. Porém, Talbot e Francis (2012) afirmam que o primeiro registro do uso do concreto pré-moldado na construção civil foi quando o engenheiro britânico John Alexander Brodie desenvolveu o uso de placas pré-moldadas em concreto para construção rápida e econômica e foram aplicadas várias obras utilizando o seu sistema em Liverpool, sua cidade natal.

De acordo com Dawson (2003), durante o fim dos anos 40 e nos anos 50, o surgimento de processos mecanizados e o desenvolvimento dos guindastes trouxeram uma mudança significativa na indústria da construção civil. Com isso, os arquitetos passaram a projetar edificações de escritórios com amplas áreas

livres de pilares. E também por causa da grande demanda de construções após a Segunda Guerra Mundial, a demanda de revestimentos pré-moldados que traziam economia de mão-de-obra e equipamento que agilizavam o erguimento da edificação também aumentou. Esses edifícios que foram construídos de maneira industrializada, em contraste com os edifícios de blocos dos anos 20 e 30, tinham uma aparência e qualidade que deixava a desejar, porém, atendiam ao seu objetivo na época.

Salas (1988 *apud* SERRA *et al.*, 2005, p. 4) divide os períodos de uso do concreto pré-fabricado da seguinte forma:

- De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, houve a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção.
- De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram, além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados. Neste contexto teve o início do declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.
- Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas.

### **3.1.1 Concretos pré-moldados no Brasil**

De acordo com Vasconcelos (2002), a primeira grande obra que se tem registro no Brasil com o uso de peças pré-moldadas é o Hipódromo da Gávea, localizado no Rio de Janeiro. Foi construída em 1926 pela construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen e foram aplicadas diversas soluções com o concreto pré-

moldado, como as estacas e as cercas no perímetro da área reservada ao hipódromo. O hipódromo da Gávea, também conhecido como Jockey Clube Brasileiro, é usado até hoje. Na figura 2, verifica-se sua vista aérea no Rio de Janeiro.



Figura 2 – Hipódromo da Gávea  
Fonte: Jockey Clube Brasileiro.

Na década de 50, em São Paulo a Construtora Mauá realizou diversas construções de galpões utilizando peças pré-moldadas. O processo utilizado consistia em colocar as peças deitadas uma em cima da outra, em uma sequência vertical, separadas por papel parafinado. Isso economizava tempo e espaço no canteiro de obras (VASCONCELOS, 2002).

Em 1963 foi construído o conjunto CRUSP (Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo) na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira, o conjunto residencial da USP. Foi a primeira obra registrada de edifícios de vários pavimentos com estrutura reticulada em concreto pré-moldado. O conjunto é constituído por 12 prédios de 12 pavimentos e as edificações iriam servir de alojamento para os atletas que iriam para os Jogos Panamericanos de São Paulo

que iriam ocorrer no ano seguinte. A data dos Jogos estava próxima e os prédios ainda não tinham sido construídos. Temia-se que a sua execução não fosse feita a tempo e para estudar a respeito de uma execução mais rápida, a empresa Ribeiro Franco S.A. fora contratada. Ela apresentou a solução da execução das obras em concreto pré-moldado. Porém, como era um processo novo e, até então, desconhecido no Brasil, o FUNDUSP (Fundo de Construção da Universidade de São Paulo) decidiu que seis prédios fossem construídos através da pré-moldagem e os outros seis seriam construídos usando o processo condicional de concreto moldado *in loco*. O projeto foi entregue para cálculo ao engenheiro Henrique Herweg, que tinha um prazo excessivamente curto principalmente pela falta de *softwares* para auxiliá-lo. Juntando isso ao fato de que a construtora não possuía o conhecimento para executar a obra em um prazo rápido, as obras moldadas *in loco* terminaram antes, o que foi inesperado (VASCONCELOS, 2002). A figura 3 mostra a a execução da CRUSP em 1963, retirada do acervo digital da USP.



Figura 3 – Construção do CRUSP  
Fonte: Acervo Digital da USP.

A pré-moldagem é usada cada vez com maior amplitude no mercado. Como Doniak [2014?] explica, as peças pré-moldadas tiveram um papel essencial para a conclusão das obras dos estádios usados na Copa do Mundo de 2014 a tempo dos jogos.

Em praticamente todas elas, as estruturas pré-moldadas de concreto foram largamente empregadas nas diferentes fases das obras, da fundação à estrutura, passando por estacas, pilares, vigas e lajes alveolares. A opção pelo uso do pré-moldado nas arenas foi uma decisão estratégica dos projetistas e engenheiros, em função da urgência que se tinha para que os estádios estivessem prontos para a Copa, sem que houvesse qualquer comprometimento da qualidade.

Como é observado no gráfico representado na Figura 4, em comparação com o cenário mundial, o percentual destinado para o uso de pré-fabricados e pré-moldados no Brasil ainda é muito baixo, sendo por volta de 4,5%, enquanto em países como Finlândia, Dinamarca e Holanda, é quase 10 vezes este valor. Porém, os gráficos das Figuras 5 e 6, mostram um aumento gradual do uso de cimento na pré-fabricação e pré-moldagem no Brasil.

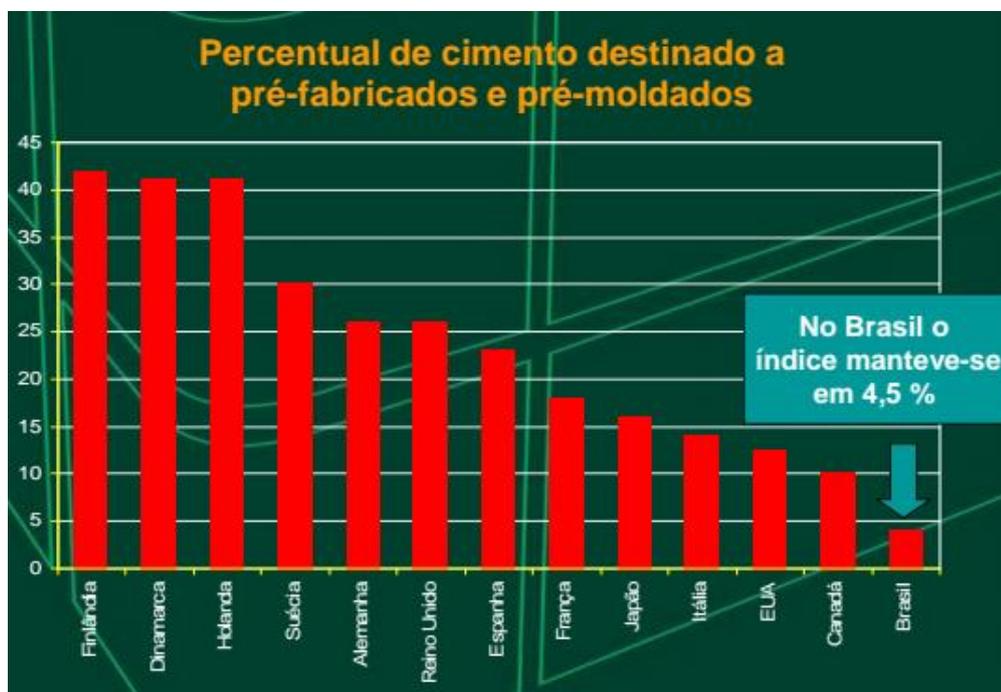


Figura 4 – Gráfico: percentual de cimento destinado a pré-fabricados e pré-moldados  
Fonte: AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

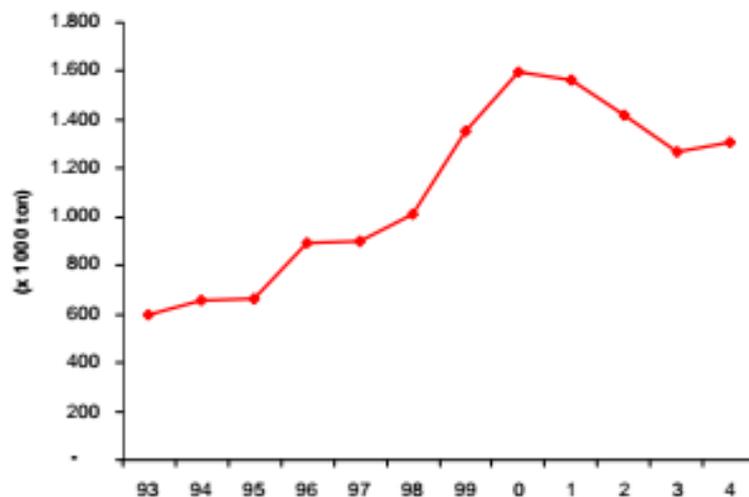


Figura 5 – Gráfico: Consumo de cimentos em pré-fabricado no Brasil (ano x 1000 ton)  
 Fonte: AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

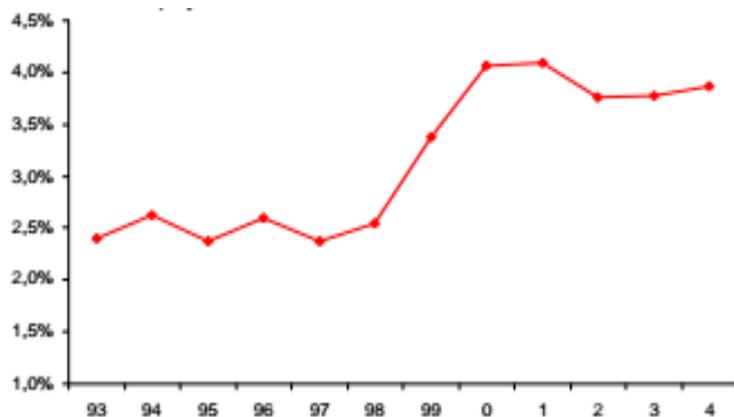
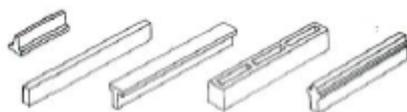
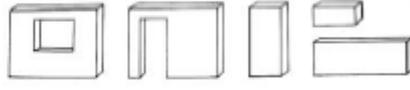


Figura 6 – Gráfico: Participação do pré-fabricado no consumo de cimento no Brasil (ano x porcentagem)  
 Fonte: AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL.

### 3.2 Peças e aplicações

A tabela 3.1 mostra alguns exemplos de formas que podem ser aplicadas na utilização de concretos pré-moldados.

Tabela 1 – Exemplos de elementos em concreto pré-moldado

<b>Concreto armado – Elementos de montagem</b>		
<b>Tipos</b>	<b>Elementos</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Elementos uni-dimensionais</b>	Pilares	
	Vigas	
	Barras de treliças	
<b>Elementos bi-dimensionais</b>	Placas de lajes	
	Placas de paredes	
	Placas especiais	
	Calhas e Rufos	
<b>Elementos tri-dimensionais</b>	Fundações	

Fonte: Adaptada de: Anne Lauterbach (2004)

Van Acker (2002) explica que as peças pré-moldadas apresentam uma padronização para cada tipo de elemento. Geralmente, os detalhes, dimensões e geometria das seções transversais dos componentes são padronizados, o que não ocorre com frequência com relação ao seu comprimento. Exemplos de produtos que são padronizados são pilares, vigas e lajes de piso. Pode se observar exemplos de seções transversais usadas em peças pré-moldadas na Figura 7.

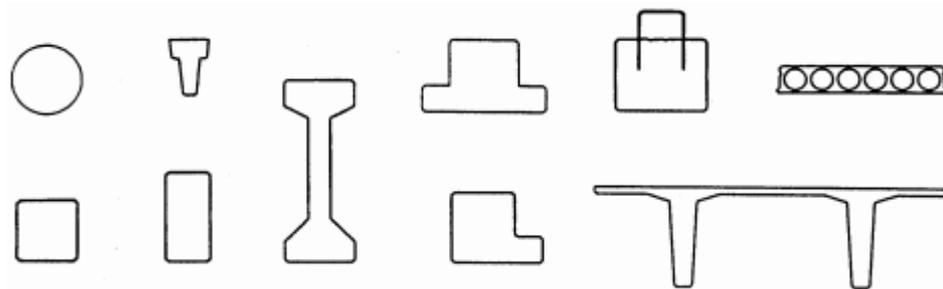


Figura 7 – Exemplos de seções transversais para peças de concreto pré-moldado  
Fonte: Van Acker (2002)

As peças usadas em sistemas pré-fabricados, quando servem de apoio para outras peças, geralmente fazem uso de um consolo para a sua ligação. Usa-se consolos viga-viga, viga-pilar ou piso-parede como na Figura 8.

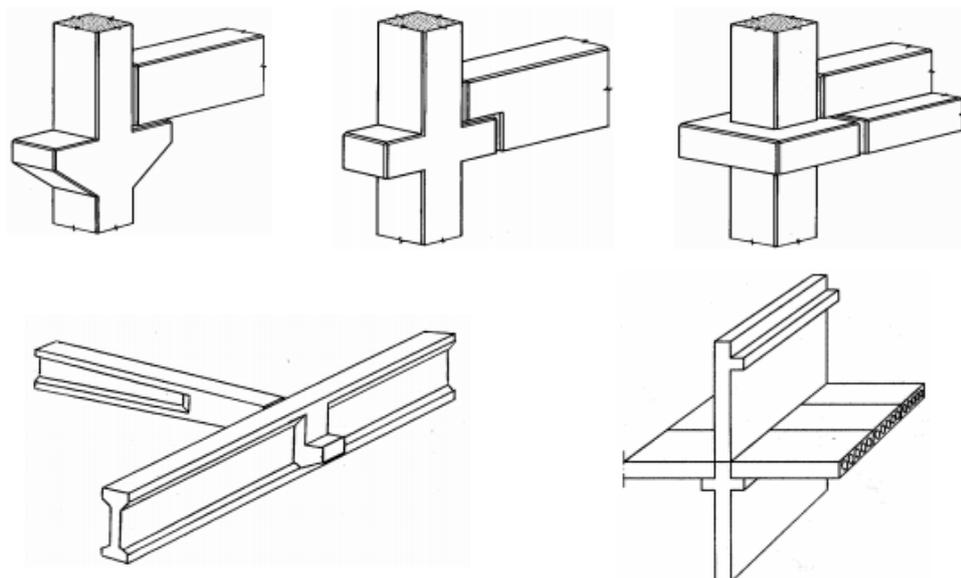


Figura 8 – Consolos para apoio em estruturas pré-moldadas  
Fonte: Van Acker (2002)

Dentre os elementos bidimensionais, destacam-se as lajes alveolares protendidas, que são “painéis de concreto com seção transversal com altura constante e alvéolos longitudinais responsáveis pela redução do peso próprio e da quantidade de concreto empregada no elemento”(MIZUMOTO *et al*, 2013, p. 2). Segundo Mizumoto (2013), as lajes alveolares trazem muitas vantagens na construção, dentre elas, capacidade de vencer grandes vãos, baixo peso próprio e capacidade de produção em série. A norma brasileira de lajes alveolares – ABNT NBR 14861 estabelece os requisitos e procedimentos de projeto, na

produção e na montagem das lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido. Na figura 9, está um exemplo de laje alveolar.



Figura 9 – Laje alveolar  
Fonte: R4 Tecnologia aplicada.

### 3.2.1 Sistemas aporticados

Chastre e Lúcio (2012) descrevem os sistemas aporticados como estruturas formadas em pórticos que, por sua vez são formados por pilares e vigas pré-moldados com fechamentos. As aplicações usuais deste sistema são, geralmente, galpões industriais, instalações comerciais como centros de distribuição e instalações de agronegócio. Na Figura 10, observa-se um exemplo de como funciona o sistema aporticado.

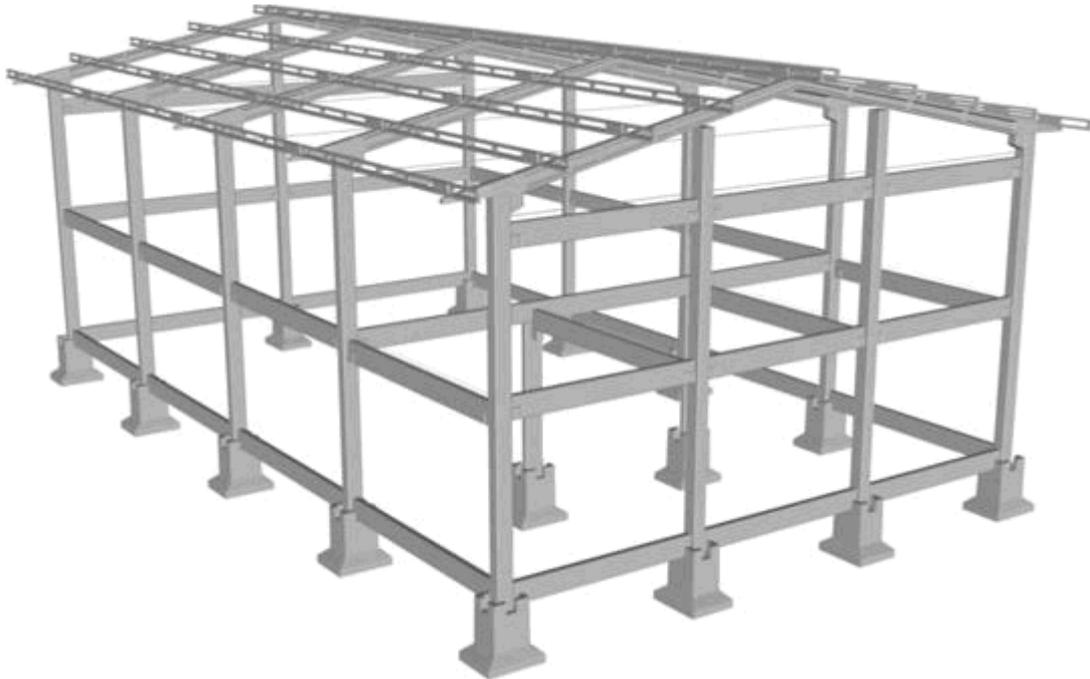


Figura 10 – Sistema aporticado  
Fonte: AMAC Pré-moldados

### 3.2.2 Sistema esqueleto

O sistema esqueleto é formado por pilares, vigas e lajes. Apresenta grande flexibilidade sob o aspecto arquitetônico, pois possibilita a concepção de estruturas com grandes vãos que podem estar associadas a diferentes sistemas de fechamento. (CHASTRE; LÚCIO, 2012 p. 25-26)

Van Acken (2002) considera que os sistemas esqueleto tem ótima aplicação para construções industriais, *shopping centers*, estacionamentos, centros esportivos e, também, para construções de escritórios grandes por causa da possibilidade de grandes vãos que permite alcançar espaços abertos sem interferência de vigas e pilares. Na Figura 11, observa-se a foto aérea da construção do Shopping Estação e da Estação Vilarinho, em Belo Horizonte, cuja obra foi concebida no sistema esqueleto.



Figura 11 – Construção do Shopping Estação e da Estação Vilarinho  
Fonte: Obras BH

### 3.2.3 Painéis portantes

Os sistemas de pré-moldados em painéis portantes constituem-se por um modo de construção no qual a estrutura é formada por painéis portantes que se localizam em suas fachadas. Esse tipo de construção permite que a estrutura tenha grandes vãos livres e por isso, diversas vezes, é utilizado por arquitetos para criar o projeto de uma maneira mais livre, usando divisórias leves como *drywall* ou divisórias de PVC nas vedações internas da edificação. Os painéis portantes são também muito vantajosos quando se trata de otimização de produtividade e sustentabilidade, pois substituem os métodos de vedação tradicionais e minimizam os desperdícios (CHASTRE; LÚCIO, 2012). Além da rapidez de execução, Van Acken (2002) ainda cita outras vantagens como acabamento liso, isolamento acústico e resistência ao fogo. Na figura 12, está um exemplo de edifício construído como painéis portantes.



Figura 12 – Exemplo de Construções em painéis portantes  
Fonte: Faria (2008)

### 3.2.4 Fachadas

As fachadas pré-fabricadas têm função decorativa e estrutural e suportam as cargas dos pavimentos e dos painéis superiores, dispensando vigas e pilares, da mesma forma que os painéis portantes, porém, geralmente são usadas em conjunto com o sistema esqueleto, sendo que as vigas e pilares são para a estrutura interna. Como vantagem do sistema de fachadas pré-moldadas, nota-se que a construção fica protegida nos estágios iniciais da obra. Pode-se usar diversos tipos de acabamento nas fachadas pré-moldadas (MELO, 2007). Na Figura 7, observa-se a vista esquemática de um edifício com painéis estruturais de fachada e compridos painéis para piso.

### 3.2.5 Pontes

As pontes construídas em sistemas pré-fabricados, muitas vezes são em concreto protendido, por causa de sua necessidade de vencer grandes vãos livres. Os processos e tecnologia construtivos para as construções de pontes em pré-moldado são diversos. É comum o uso de estruturas auxiliares para a montagem das pontes. Dentre os sistemas de montagem das pontes pré-moldadas, destacam-se montagem pelo solo, por balsa, por lançamento e por balanços sucessivos (ROSENBLUM, 2009). A Figura 13 representa um exemplo de execução de uma ponte por balanços sucessivos.



Figura 13 – Montagem por balanços sucessivos  
Fonte: Rosenblum (2009)

### 3.2.6 Fundações

Um dos mais utilizados tipos de utilização dos concretos pré-moldados são as fundações com as estacas pré-moldadas. Este tipo de estaca é cravado no solo

através de maquinário específico que pode ser hidráulico ou de queda livre e durante a sua execução, deve-se tomar cuidado, pois existe um grande risco das peças romperem. (ALONSO, 2012).

### **3.3 Fabricação e moldagem**

Em relação a seu local de moldagem, Mokka (1964) apresenta dois tipos de pré-fabricação: a pré-fabricação em usina e a pré-fabricação no local ou no canteiro de obras. Serão abordados apenas métodos de fabricação para concreto armado, sendo desconsiderados os sistemas de concreto protendido.

#### **3.3.1 Pré-fabricação em usina**

Conforme explicado por Mokka (1964), as vantagens oferecidas pela fabricação na usina são que nesses casos o pré-fabricado é produzido em um ambiente próprio para isso. O trabalho será feito em um local fechado, onde é desprezível a influência de maus tempos ou de temperaturas desfavoráveis do ambiente, com mão-de-obra especializada com uma equipe organizada para o trabalho industrial que tem ajuda de mecanização e automação.

Com as condições executivas da fabricação em usina e o laboratório permanente da fábrica que garante controle contínuo, a pré-moldagem na usina pode ser muito favorável para o barateamento da obra e maior controle de qualidade.

“Porém a desvantagem da fabricação na usina é que as peças devem ser transportadas de onde elas são produzidas até o local de aplicação final na obra” (MOKKA, 1964, p. 13). Isso pode gerar um aumento no preço final da obra e também uma limitação nas dimensões das peças que, por sua vez gera a necessidade de mais ligações na estrutura e limitações no projeto.

Em geral, a pré-fabricação na usina é mais vantajosa na produção em massa, para obras que utilizem peças padronizadas.

### **3.3.2 Pré-fabricação no local**

Mokk (1964) também cita a pré-fabricação no local. As peças oriundas deste processo são geralmente produzidas a céu aberto ou em barracões temporários feitos para esta finalidade e, na maioria das vezes, são executadas por operários também temporários. A automação é limitada por causa do maquinário disponível no canteiro de obras que é temporário e o clima influencia na sua fabricação, que fica prejudicada durante tempos chuvosos.

O controle de qualidade, evidentemente, também pode sofrer, pois os laboratórios provisórios de campo costumam ter menos recursos que os laboratórios permanentes.

As vantagens da pré-fabricação em campo são que, na sua produção, o transporte desnecessário e já é possível executar peças de maior porte e, portanto o projeto é menos limitado.

### **3.3.3 Processo de fabricação e moldagem**

De acordo Melo (2007), as etapas da fabricação do concreto pré-fabricado são divididos segundo a Figura 14.

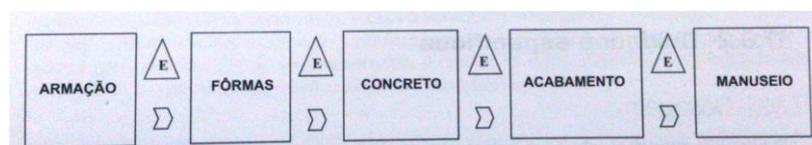


Figura 14 – Etapas da fabricação do concreto pré-fabricado  
Fonte: Melo (2007)

### **3.3.3.1 As armaduras**

Para a NBR 9062:2006 os controles e inspeções das armaduras devem ser feitos das seguintes formas:

Armaduras passivas (concreto armado):

- a) Verificação quanto à limpeza e oxidação;
- b) Verificação de dimensões de corte e dobramento e atendimento das tolerâncias especificadas;
- c) Verificação de tipos, quantidades, dimensões e locações das barras, conforme desenhos de projeto;
- d) Verificação de deformações e torções no armazenamento das armações prontas e na posição final nas formas;
- e) Verificação de tipo, quantidades, dimensões e locações de insertos metálicos especificados no projeto e daqueles eventualmente destinados à identificação dos elementos.

Armadura protendida:

- a) Verificação quanto à limpeza e oxidação;
- b) Verificação de tipos, quantidades, dimensões e locações de fios e cordoalhas e respectivas tolerâncias;
- c) Verificação das dimensões, locações, tolerâncias e estanqueidade dos isolamentos de cordoalhas especificados no projeto;
- d) Verificação dos dispositivos de ancoragem e tração dos fios e cordoalhas;
- e) Verificação das dimensões e posição dos calços e outros dispositivos de manutenção da pré-tração dos fios ou cordoalhas;
- f) Verificação da força de tração aplicada e da deformação dos fios e cordoalhas de acordo com as especificações de projeto e respectivas tolerâncias;
- g) Verificação das condições de alívio da fixação das ancoragens.

### **3.3.3.2 As fôrmas**

A NBR 9062:2006 exige que:

As formas devem adaptar-se às formas e dimensões das peças pré-moldadas projetadas, respeitadas as tolerâncias de dimensões do seu item 5.2.2. Podem ser constituídas de aço, alumínio, concreto ou madeira, revestidos ou não de chapas metálicas, fibra, plástico ou outros materiais.

Segundo Melo (2007), o tipo de fôrma mais usual para a pré-fabricação são as fôrmas metálicas. Essas fôrmas acabam por se desgastar muito ao longo do seu uso principalmente por causa dos vibradores. No caso do concreto auto adensado, existe uma grande dificuldade de manter a estanqueidade nas fôrmas e que elas não deixem que a massa do coconcreto saia por frestas que, em geral, não passaria nos casos de concretos comuns.

Outra preocupação que se deve ter quando se projeta e escolhe um tipo de fôrma é garantir que ela tenha suportes e sistemas de fixação e amarração suficiente para garantir que a carga hidrostática do concreto não a deforme durante a concretagem.

Na Figura 15, observa-se um exemplo de fôrma metálica de uma viga pré-fabricada de concreto.



Figura 15 – Fôrma metálica para pré-fabricados  
Fonte: Blog Concreto pré-moldado e pré-fabricado BH.

### **3.3.3.3 O concreto**

As especificações de concreto para agregados e aglomerantes, sua dosagem, bem como as suas propriedades (trabalhabilidade, durabilidade, diagrama tensão-deformação, módulo de deformação longitudinal à compressão, ao módulo de deformação transversal, coeficiente de Poisson, ao coeficiente de dilatação térmica e à retração e fluência) conforme orientado na NBR 9062:2006, devem estar de acordo com outra norma técnica, a NBR 6118:2014 que regulariza os projetos e execução em concreto armado.

“De todos os tipos de cimento, o mais utilizado para a indústria de pré-fabricados é o CP V-ARI, devido à sua característica principal de resistência inicial elevada” (MELO, 2007, p. 405). O cimento CP V-ARI-RS que tem escória de alto-forno em sua composição pode ser utilizado para regiões com agressividade ambiental maior, pois o componente confere resistência a sulfatos.

Com relação aos aditivos, conforme a NBR 9062:2006, “não podem conter ingredientes que proporcionem a corrosão do aço, sendo rigorosamente proibidos aditivos que contenham cloreto de cálcio ou quaisquer outros halogenetos.”

## **3.4 Projeto e execução**

### **3.4.1 Projeto**

A NBR 9062:2006 – Projeto e execução de concreto pré-moldado define os processos necessários para projeto e execução para os concretos pré-moldados

e pré-fabricados. Segundo a referida norma “aplicam-se às estruturas de concreto pré-moldado as regras e processos de cálculo relativos às estruturas moldadas no local, conforme disposto na NBR 6118:2014.” Porém, são dadas algumas informações complementares em relação ao dimensionamento, estabilidade e ligações das estruturas.

Os desenhos, segundo a NBR 9062:2006, devem representar, de forma clara e precisa, as dimensões e posições dos elementos, armaduras, insertos, furos, saliências e aberturas e devem ser elaborados facilitando a execução da estrutura e também a qualidade da produção dos elementos pré-moldados.

Com relação ao dimensionamento das peças, deve-se levar em consideração fatores como tolerâncias globais compatíveis com o processo construtivo (fabricação e montagem).

Como estabelecido pela NBR 9062, os elementos pré-moldados podem ser assentados nos seus apoios definitivos:

- a) Com junta a seco;
- b) Com intercalação de uma camada de argamassa
- c) Com concretagem local;
- d) Com rótulas metálicas;
- e) Com almofadas de elastômero.

A Figura 16 mostra a representação de um apoio usado na pré-fabricação.

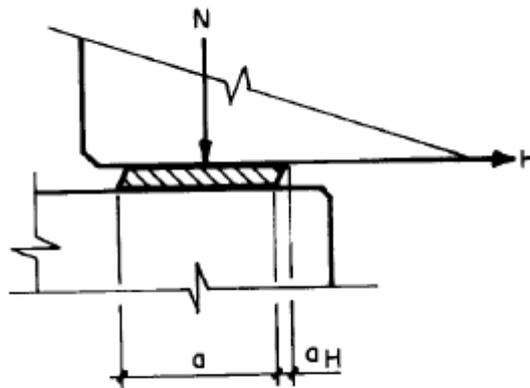


Figura 16 – Exemplo de apoio para pré-moldado  
Fonte: NBR 9062:2001.

De acordo com Van Acken (2002), as possibilidades, restrições e vantagens do concreto pré-moldado devem ser consideradas na concepção do projeto, bem como suas características de produção, transporte, montagem e estado de serviço.

É importante compreender que é possível se obter um melhor projeto para a estrutura pré-moldada, se (...) for concebida com a pré-moldagem desde o projeto preliminar e não meramente adaptada de um método tradicional de concreto moldado no local (VAN ACKEN, 2002, p. 6).

Para se obter um bom projeto de pré-fabricados Van Acken (2002) cita alguns conceitos a serem seguidos, tais como:

- a) Respeito à filosofia específica de projeto. Deve-se atentar em utilizar um sistema de contraventamento próprio, utilizar grandes vãos e assegurar a integridade estrutural.
- b) Usar soluções padronizadas sempre que possível que possibilita repetição e experiência e garante melhores custos, rapidez, qualidade e confiabilidade. É usada na modulação do projeto, padronização de material entre fabricantes e padronização executiva.
- c) Tolerâncias dimensionais. Devem ser considerados no projeto: necessidade de aparelho de apoio, tolerância de absorção nas ligações,

tolerância de movimentação térmica.

d) Obter vantagem do processo de industrialização.

Segundo Van Acken (2002), a modulação é importante economicamente para o projeto e a construção de edifícios em pré-moldados, tanto para o trabalho estrutural como para o acabamento. A ABNT NBR 15873:2010 – Coordenação modular para edificações é a norma em vigor que define os princípios, os termos e o valor do módulo básico da coordenação modular para edificações. Segundo a ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), esta norma é importante para a elaboração de uma construção modular, pois permite:

- Reduzir e dar coerência à variedade de medidas utilizadas na fabricação de componentes;
- Simplificar a coordenação dimensional nos projetos das edificações, que hoje é elaborada caso a caso;
- Simplificar o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e montagem de componentes construtivos;
- Reduzir cortes e ajustes de componentes e elementos construtivos e a geração de resíduos no canteiro de obras;
- Aumentar a intercambiabilidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação;
- Evitar cortes e ajustes desnecessários;
- Induzir maior cuidado na resolução de projetos e maior acuidade técnica na sua execução
- Ampliar a cooperação entre os diversos agentes da cadeia produtiva da construção.

- Minimizar desperdícios, com redução de custos e diminuição nos prazos de execução das obras, devido à maior facilidade de ajustes e montagens;

### **3.4.2 Execução**

#### **3.4.2.1 Colocação das peças verticais**

A BCA [2014?], Building and Construction Authority, agência de engenharia pertencente ao Ministério de Desenvolvimento de Cingapura responsável pela desenvolvimento sustentável no país, descreve o processo executivo para estruturas de painéis pré-moldados.

Antes da instalação dos elementos pré-moldados, é importante levar em consideração a acessibilidade e estocagem dos materiais no canteiro de obras, a lista de material a ser entregue na obra para se obter seus tipos, quantidade e identificam corretos e a capacidade de carga e espaço das guias a serem usadas. Também devem ser feitas medições para se apurar as dimensões das peças entregues e inspeção visual para se identificar possíveis defeitos. As peças devem ser estocadas de maneira que as primeiras peças a serem usadas sejam acessadas antes das outras (*First in First Out*).

Na sequência da execução, o primeiro passo é fazer a locação dos posicionamentos das peças que serão marcados com linhas de referência.

Antes de içar as peças pré-moldadas, posiciona-se placas de calço com argamassa sem retração para estabelecer os níveis dos painéis. As placas de calço são representadas na Figura 17 Este posicionamento deve ser preciso e as placas de calço devem estar estáveis e bem niveladas.



Figura 17 – Placa de calço  
Fonte: BCA

A próxima atividade a ser feita é o içamento das peças, no caso, os painéis. Para tal, faz-se uso de equipamentos como guias e guindastes com cabos de aço, sempre com atenção com as suas resistências à tração, com a operação dos equipamentos e com as condições de içamento das peças. Na Figura 18, pode ser vista o içamento de uma peça modular com o uso de guias. Os elementos devem ser posicionados sobre vergalhões verticais de aço para melhores condições de estabilidade. O alinhamento e prumo dos painéis deve ser verificado e, até garantida a estabilidade definitiva da estrutura, usa-se mãos-francesas.



Figura 18 – Içamento de painel pré-moldado  
Fonte: BCA

. As mãos francesas podem ser verificadas na Figura 19.



Figura 19 – Uso de mão francesa  
Fonte: BCA

Após a colocação dos painéis pré-moldados, inicia-se a fase de aplicação de argamassa nas juntas horizontais da estrutura que devem ter espessura e traço conforme especificado no projeto como pode-se ver na Figura 20.



Figura 20 – Aplicação de argamassas na junta horizontal  
Fonte: BCA

Também é feita a aplicação de graute nas partes internas das peças onde existe contato com os vergalhões e nas juntas e ligações para solidarização das estruturas. O graute deve ser auto-adensável para garantir compacidade nas juntas e minimizar riscos de fissuras. Para controle de qualidade, tira-se corpos de prova do material para ensaios. Nas Figuras 21 e 22 pode-se ver aplicações de graute para solidarização e a forma do graute nas ligações das peças.



Figura 21 – Aplicação de graute para solidarização da estrutura  
Fonte: BCA



Figura 22 – Fôrma para graute nas juntas horizontais  
Fonte: BCA

Nas juntas externas, usa-se selante elastomérico para impermeabilização da estrutura como na Figura 23.



Figura 23 – Selante elastomérico  
Fonte: BCA

### 3.5 Vantagens e desvantagens

No estudo da viabilidade do uso de todos os sistemas, é essencial verificar os aspectos destes sistemas que trazem vantagens e os aspectos que trazem desvantagens. Deve-se atentar para as vantagens econômicas e financeiras, além de aspectos de projetos e execução, pois estes aspectos demonstram se o empreendimento é viável ou não.

Derra e Ilg (2012) apresentam uma comparação entre os concretos moldados *in loco* e os pré-moldados nas tabelas 1 e 2 que mostram as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do concreto pré-moldado

<b>Concreto Pré-moldado:</b>	
<b>Vantagens:</b>	<b>Desvantagens:</b>
Alta qualidade	Pesos e dimensões das peças limitados
Precisão dimensional	Logística de Transporte
Produção independente do tempo	Despesas com Transportes especiais e guindastes
Curto tempo de montagem o local	Soluções uniformizadas

Fonte: Adaptada de *Bodensee Wasserversorgung*

Tabela 3 – Vantagens e desvantagens do concreto moldado *in loco*

<b>Concreto moldado <i>in loco</i>:</b>	
<b>Vantagens:</b>	<b>Desvantagens:</b>
Formas e soluções individuais	Redução da qualidade e precisão dimensional pela produção sob as condições do local
Componentes e estrutura, conforme exigido pela construção	Altas despesas com equipamentos no canteiro de obra
Vasta gama de aplicação	Problemas na qualidade devido ao tempo e ponto de estrangulamento

Fonte: Adaptada de *Bodensee Wasserversorgung*

Chastre e Lúcio (2012, p. 13-16) ainda citam a sustentabilidade do sistema como vantagens da pré-fabricação. Isso ocorre por causa de dois fatores: a racionalização que se pode alcançar mais facilmente no seu sistema de execução e a contribuição para eficiência energética que se tem com as edificações em pré-moldado.

A racionalização é proporcionada por diversos fatores, dentre eles:

- A possibilidade de reutilização e reciclagem dos elementos pré-moldados;
- A minimização de fôrmas e andaimes, de interferência e lixo no ambiente, maximizando o controle de qualidade;
- A otimização e muitas vezes a minimização das dimensões de seções e dos materiais utilizados com o emprego do concreto pretendido;

- As melhorias no conforto térmico e na eficiência energética maximizando a reflexão solar e a inércia térmica da edificação;
- A possibilidade de melhoria de qualidade de ar interno, reduzido ou eliminando os compostos orgânicos voláteis;
- O controle da planta de produção que pode aumentar significativamente a vida útil da estrutura em até 100 anos;
- A possibilidade de minimizar a infiltração de ar e umidade por meio do emprego de painéis pré-fabricados de concreto e de controlar as ações de resfriamento e aquecimento na estrutura pela inércia térmica dos elementos de concreto;
- A resiliência ou poder de recuperação da estrutura, particularmente contra ataques terroristas e desastres naturais, tais como incêndios, furacões, tornados e enchentes (SCHOKKER, apud Chastre; Lúcio, 2012,0 p. 15).

#### 4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O capítulo atual descreve o desenvolvimento da pesquisa de mercado realizada junto a profissionais de engenharia que atuam em empresas da região metropolitana de Belo Horizonte que executam obras e empreendimentos com uso de sistemas em pré-moldado e pré-fabricado.

Com este objetivo foi elaborado um questionário com questões sobre hábitos de uso de concreto pré-moldado e pré-fabricado. Este questionário foi entregue para ser respondido pelos profissionais das empresas pesquisadas. A primeira pergunta do questionário era: *“Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?”*. Quando esta pergunta não era respondida pelo profissional, o seu questionário era descartado, pois se considera que o funcionário e a empresa poderiam não ter conhecimento e qualificação técnica para responder às demais perguntas. Com isso, foram considerados válidos 5 questionários, respondidos, cada um por um profissional de uma empresa diferente, variando de empresas públicas e construtoras com atuação em Belo Horizonte. Estes questionários respondidos podem ser conferidos no Apêndice. Nenhum profissional quis identificar o nome da empresa.

A primeira pergunta que foi feita após a identificação do nome da empresa e se a empresa usava sistemas em pré-moldado ou pré-fabricado foi em qual tipo de edificação era mais comum o uso em sua empresa. A pergunta foi respondida de acordo com o gráfico representado na Figura 24.

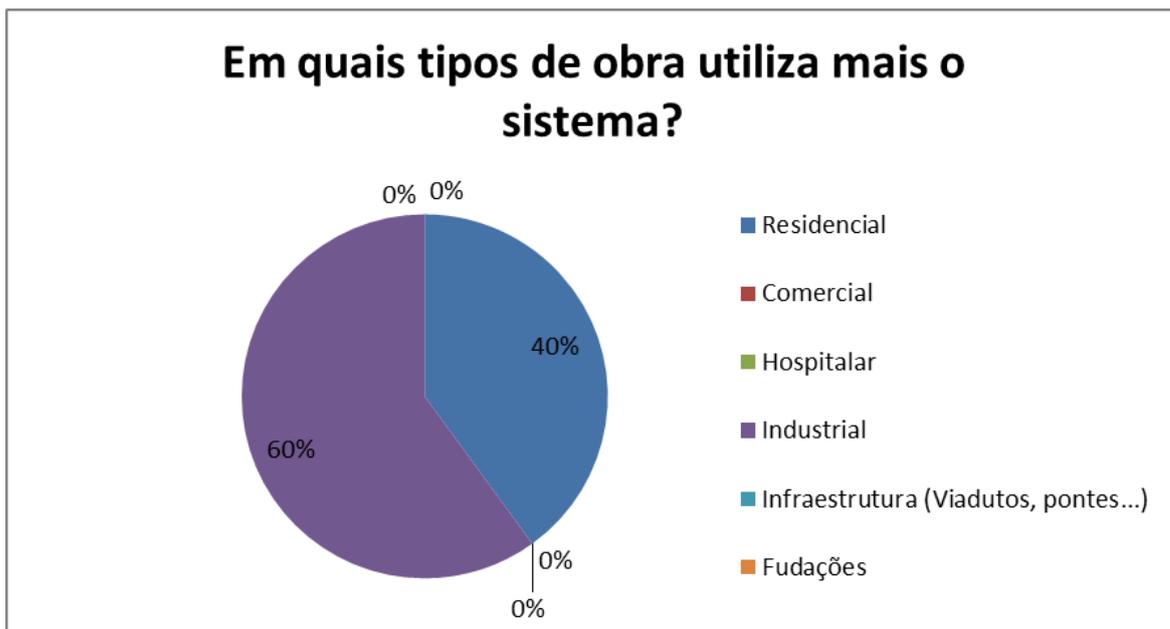


Figura 24 – Gráfico da pergunta 3  
Fonte: Elaborada pelo autor

Dentre as respostas dos entrevistados à esta pergunta, nota-se que as edificações em pré-moldado mais comuns nas empresas pesquisadas são residenciais, cujas respostas contam 40% e industriais, que recebem 60% das respostas. Isso não quer dizer que os outros sistemas não são aplicados. É sabido que diversas pontes do município são estruturas de concreto protendido com uso de peças pré-moldadas e que alguns *shoppings* como o *shopping* estação, sendo edificações comerciais usam pré-moldados em sistemas mistos com estruturas metálicas, mas a pergunta contemplou os tipos de obra predominantemente mais executados pela empresa, dentre os quais se destacaram o residencial e o industrial. Provavelmente pelo excelente desempenho e rapidez de execução que se aplica em obras residenciais de baixo custo e de galpões.

O seguinte questionamento realizado na pesquisa é “Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?”, na qual foram apresentadas diversas opções de números de pavimentos.

As respostas mais marcadas foram as que apontam para edificações de até 4 pavimentos com 60% delas. Estas respostas foram marcadas pelas mesmas

firmas que marcaram residências como o tipo de edificação mais executado, portanto, deduz-se que as construções residenciais mais executadas têm, em geral, até 4 pavimentos, não sendo especificado se são prédios multi ou unifamiliares.

As demais opções marcadas foram Entre 4 e 8 pavimentos e Entre 8 e 12 pavimentos, cada um com 20% das respostas. Estas opções foram relativas a edifícios industriais. O gráfico pode ser conferido na Figura 25.

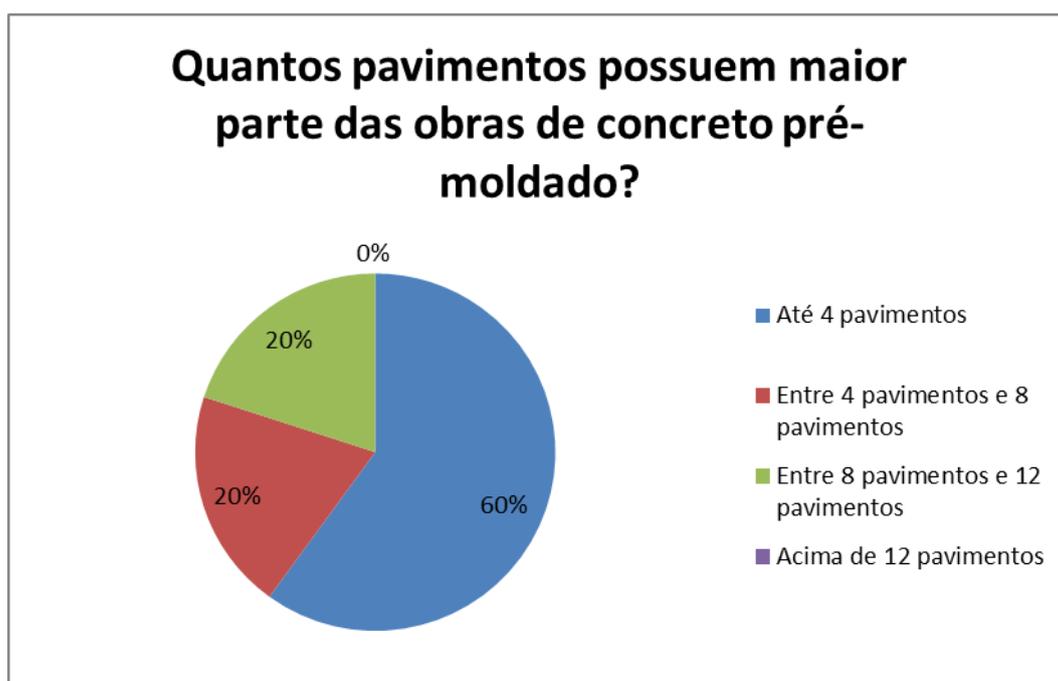


Figura 25 – Gráfico da pergunta 4  
Fonte: Elaborada pelo autor

Quando perguntado se a empresa usa concreto armado ou concreto protendido, todos os pesquisados responderam que usam concreto armado como se pode observar na Figura 26. Isso deve acontecer devido à extrema especificidade do uso da protensão, que é restrito para estruturas complexas, com altos carregamentos que devem vencer grandes vãos.

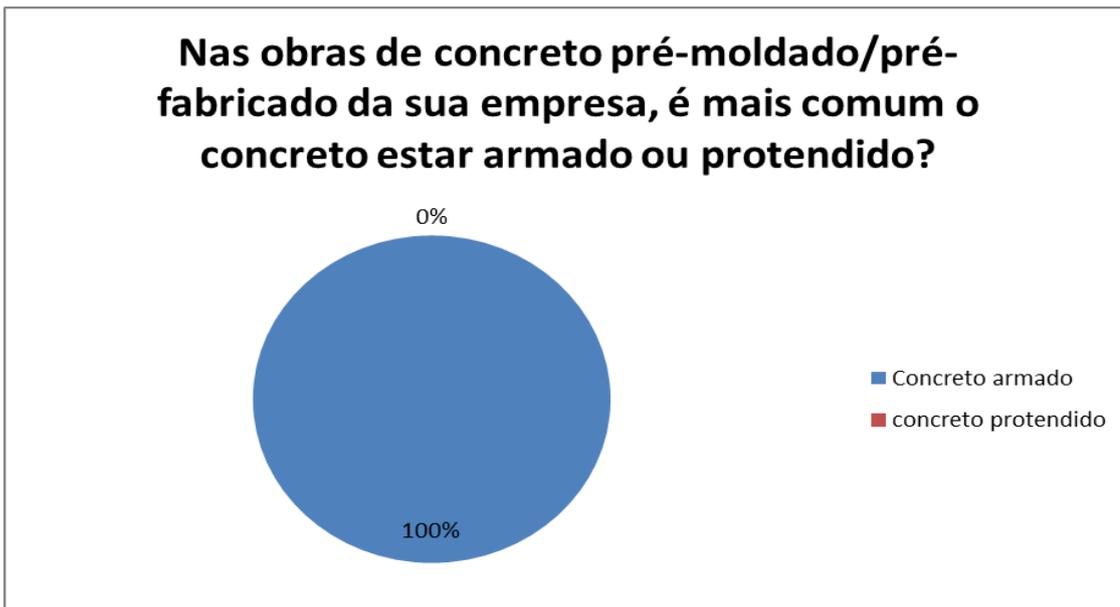


Figura 26 – Gráfico da pergunta 5

Fonte: Elaborada pelo autor

Como se pode verificar na Figura 27, quando indagados se aplicam processos de racionalização nos canteiros de obra, apenas um dos profissionais entrevistados respondeu que não, que representa apenas 20% das respostas. Isso é um indício que as empresas que aplicam concreto pré-fabricado estão cientes dos benefícios da construção seca e sustentável.

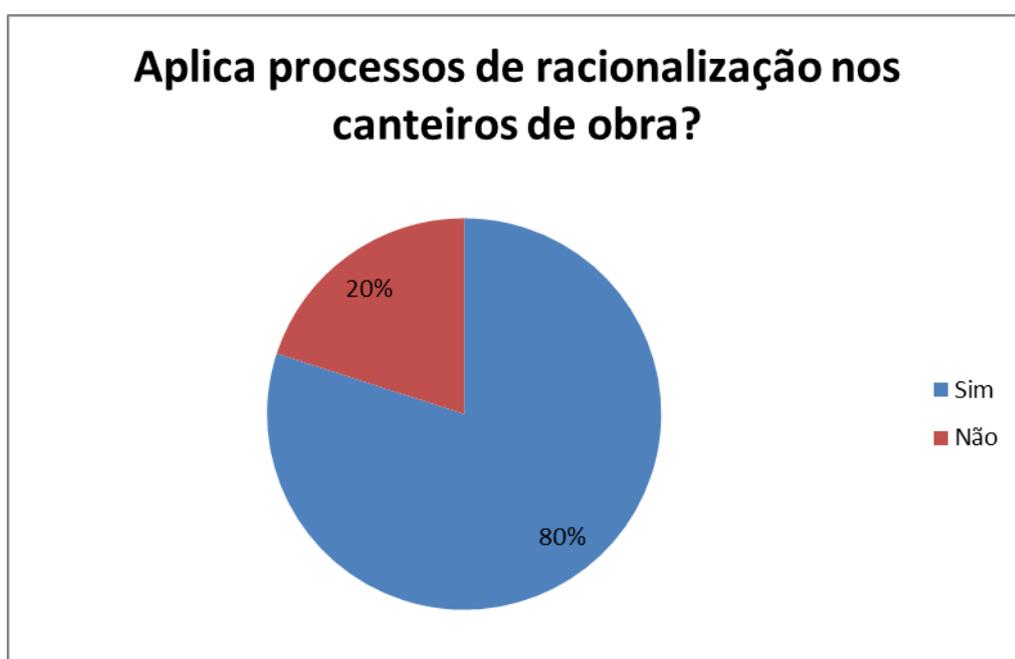


Figura 27 – Gráfico da pergunta 6

Fonte: Elaborada pelo autor

Para a pergunta quais fatores mais influenciam na escolha dos pré-moldados, os pesquisados poderiam responder mais de uma opção, sendo que a maioria escolheu duas ou três respostas. Dentre as seis opções de respostas, as mais escolhidas foram “evitar desperdícios (racionalização)” e “redução de custos”, ambas com 31%. Isso, com a resposta “aumento da produtividade” com 23% das respostas, reflete como os sistemas de pré-moldagem são vantajosos para a economia no empreendimento da construção. As respostas “resistência mecânica” e “garantia da qualidade” não foram respondidas. Na Figura 28 está o gráfico que representa os percentuais das respostas.

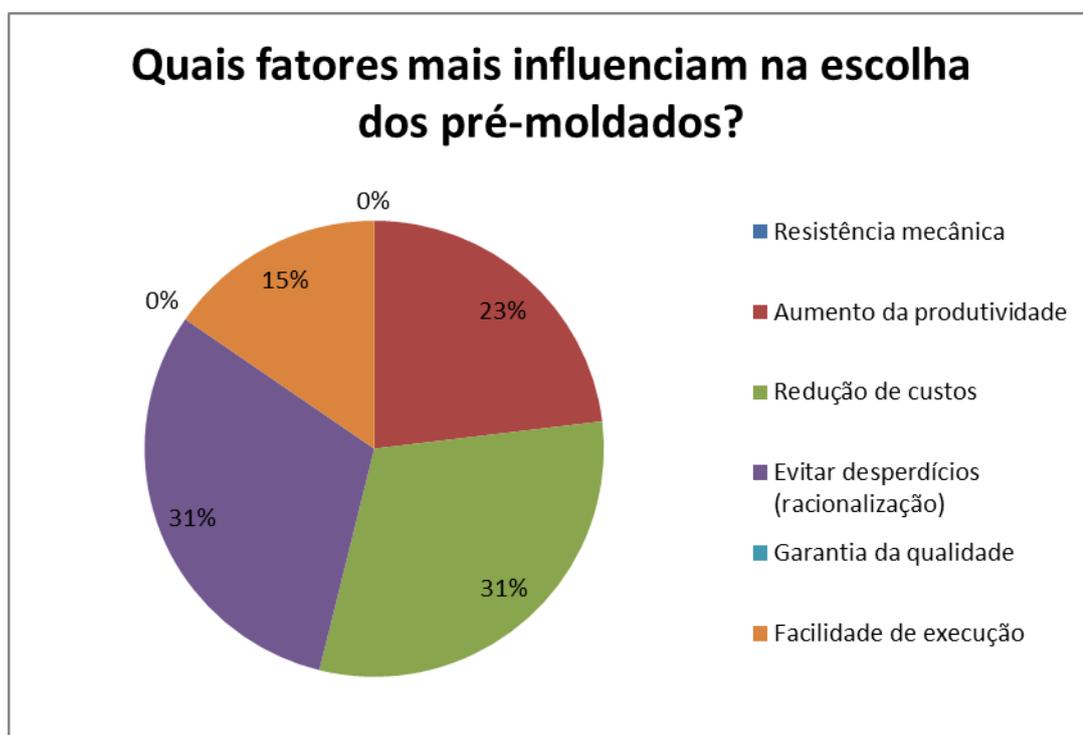


Figura 28 – Gráfico da pergunta 7  
Fonte: Elaborada pelo autor

A pergunta “Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados?”, também ofereceu a oportunidade de mais de uma resposta. Também tinham seis opções de respostas e dentre elas, as mais escolhidas foram “Necessidade de equipamentos específicos” com 34% das respostas, “Necessidade de mão-de-obra qualificada” com 33% das respostas e “Dificuldades de logística das peças” com 25% das respostas. Isso indica que, segundo as respostas, o principal

bloqueio para o uso de pré-moldados e pré-fabricados na execução dos empreendimentos de construção civil no Brasil é a sua pouca difusão, com poucas pessoas com *know-how* de executá-los.

As dificuldades de manuseio das peças também influenciam negativamente para a utilização do sistema. A logística das peças gerar diversas complicações, pois o transporte das grandes e pesadas peças é um dificultador, como já se foi explicado no item 3.3, além da necessidade de grandes espaços para estocagem e operação das peças.

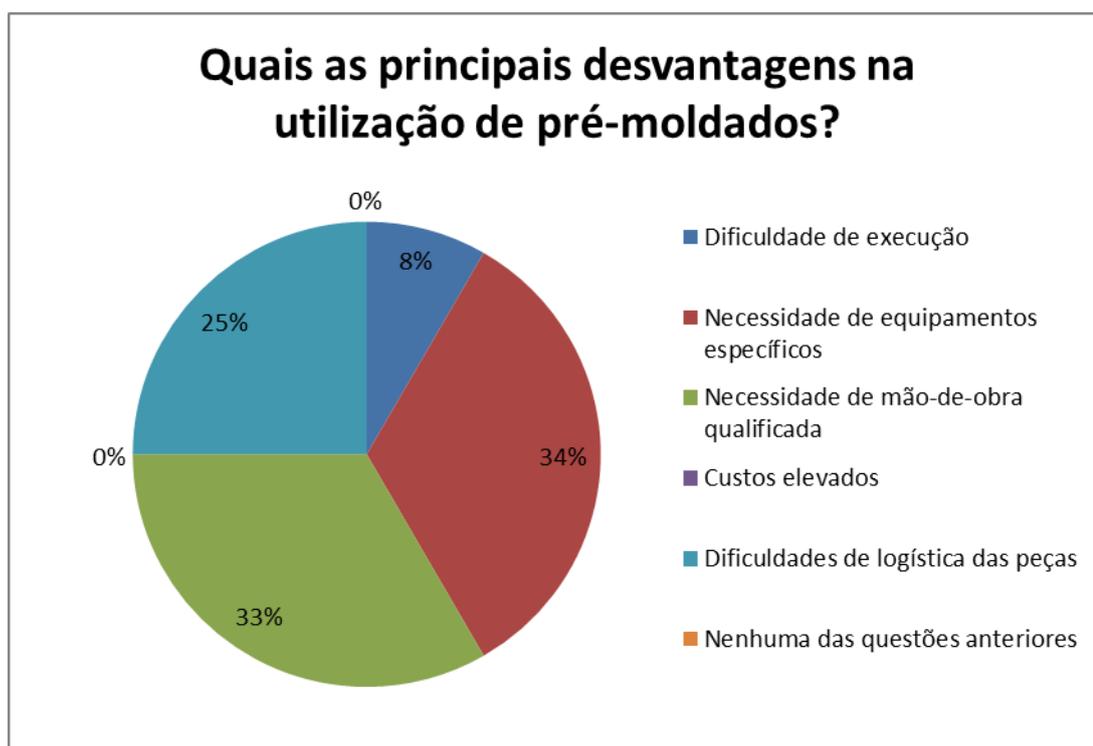


Figura 29 – Gráfico da pergunta 8  
Fonte: Elaborada pelo autor

A indagação de preços médios das obras em pré-moldado, não foi respondida por nenhum dos participantes, porém todos marcaram que as obras pré-moldadas são, em geral, mais baratas que as obras de concreto moldado *in loco*, como no gráfico da Figura 28.



Figura 30 – Gráfico da pergunta 10  
Fonte: Elaborada pelo autor

Para a pergunta “Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?”, representada no gráfico da Figura 31, apenas um participante respondeu que as construções em pré-moldados são mais suscetíveis às manifestações patológicas. Quando indagado, o profissional respondeu que nas edificações em pré-moldado é necessário um rigoroso controle na execução da sua estanqueidade, pois a ocorrência de infiltrações no sistema é muito comum. Os demais participantes marcaram que as manifestações patológicas são mais frequentes nos sistemas moldados *in loco* devido ao controle de qualidade na fabricação das peças pré-moldadas que é mais rigoroso.

### Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

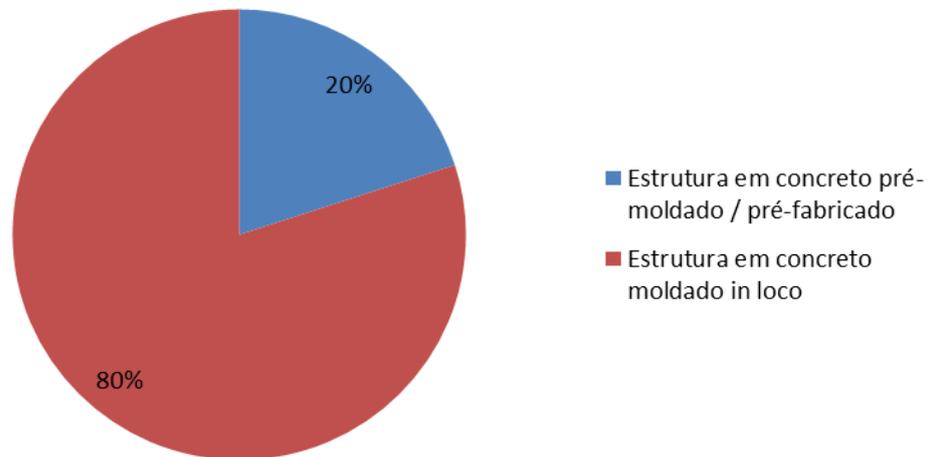


Figura 31 – Gráfico da pergunta 11  
Fonte: Elaborada pelo autor

Apenas um participante respondeu que não faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação conforme mostrado no gráfico da Figura 32. Isto revela que a maior parte dos profissionais entrevistados está ciente da importância do controle tecnológico para garantir o desempenho e os padrões de qualidade do produto final.

Por fim, a última pergunta do questionário foi “acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados / pré-fabricados?”. Apenas um profissional respondeu que o sistema não trazia vantagens, como pode ser verificado no gráfico. Observa-se, portanto, que a pré-moldagem e a pré-fabricação podem trazer grandes vantagens para empreendimentos imobiliários.

**A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?**

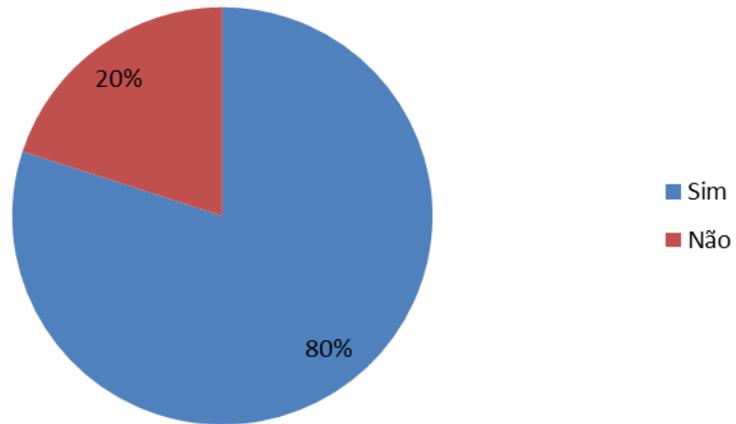


Figura 32 – Gráfico da pergunta 12  
Fonte: Elaborada pelo autor

**Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados / pré-fabricados?**

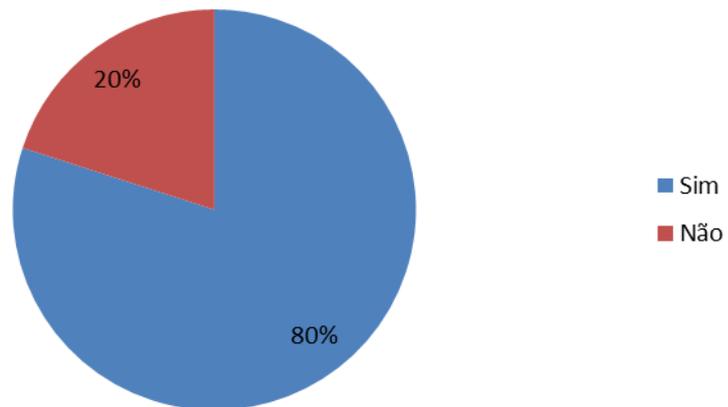


Figura 33 – Gráfico da pergunta 13  
Fonte: Elaborada pelo autor

## 5. CONCLUSÕES

Através das pesquisas realizadas em diversas fontes que se encontram no Capítulo 3 deste trabalho e das respostas dos profissionais de engenharia entrevistados a partir do questionário, cujos gráficos representativos estão no Capítulo 4, pode-se fazer diversas colocações a respeito dos usos, vantagens e desvantagens dos sistemas pré-moldados e pré-fabricados.

A primeira colocação é que, nas empresas pesquisadas, a pré-moldagem é mais amplamente usada para construções residenciais de até 4 pavimentos, provavelmente de baixo custo e para construções industriais, em geral, não sendo restrita apenas a estes tipos de edificação.

A segunda colocação a respeito dos pré-moldados é que, segundo os entrevistados, este sistema traz a vantagem de ser um ótimo método construtivo para construtores que querem reduzir custo e desperdício do empreendimento, trazendo uma obra mais limpa e sustentável. Outra vantagem, também ligada à economia é a sua rapidez de execução.

Pode-se verificar, porém que as desvantagens do sistema são a sua baixa difusão no Brasil, que traz dificuldades de encontrar mão-de-obra que tenha conhecimento de sua execução. Outro ponto dificultoso é a necessidade de equipamentos específicos para a sua operação, espaço para estes equipamentos e para a estocagem das peças pré-moldadas e a logística de transporte e operação das peças.

Outro ponto a se considerar na pesquisa do questionário é a declaração de menor incidência de manifestações patológicas nas estruturas pré-moldadas que nas moldadas *in loco* e o fato de a maioria das empresas que aplicam pré-moldagem fazer controle tecnológico em suas obras. Estes dois fatos podem estar interligados, desde que o controle tecnológico garanta a qualidade dos

materiais e da estrutura como um todo, o que minimiza as probabilidades de problemas estruturais e problemas construtivos em geral. A única exceção é o pesquisado que declara a facilidade de infiltrações, por causa de dificuldades de vedações na estrutura.

A pesquisa mostra que a pré-moldagem / pré-fabricação são vantajosos aos olhos das empresas pesquisadas da Região Metropolitana de Belo Horizonte que trabalham com o sistema, apesar da sua baixa utilização no Brasil em comparação com outros países.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acervo Digital da USP. Disponível em:

<<http://200.144.182.66/acervo/items/show/205>> Acesso em: 18 jan. 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Relatório de Avaliação dos Esforços para Implantação da Coordenação Modular no Brasil. Brasília, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Curso Pré-fabricados de Concreto. Salvador, 2014. Disponível em:

<[http://www.abcic.org.br/pdfs\\_curso\\_basico/SALVADOR-13-05-2014.pdf](http://www.abcic.org.br/pdfs_curso_basico/SALVADOR-13-05-2014.pdf)> Acesso em: 18 jan. 2015.

AMAC Pré-moldados. Disponível em:

<<http://premoldados.cleanwater.com.br/galpao-pre-fabricados/>> Acesso em: 18 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006.

BCA. Precast Concrete Elements, 2014?. Disponível em:

<<http://www.bca.gov.sg/professionals/iquas/others/precastinstallation.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2015.

Blog Concreto pré-moldado e pré-fabricado BH. Disponível em:

<<http://concretopremoldadoprefabricadomg.blogspot.com.br/p/formas-para-concreto-pre.html>> Acesso em 15 out. 2014.

CHASTRE, Carlos; LÚCIO, Válter. Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicações e comportamento estrutural. São Paulo: Parma, 2012. viii, 320 p.

DAWSON, Susan. Cast in concrete: A guide to the design of precast concrete and reconstructed stone. The Architectural Cladding Association. Leicester, 2003. 94 p. Disponível em:

<<http://www.britishprecast.org/documents/CastinConcrete.pdf>> Acesso em: 18

jan. 2015.

DERRA, Roland, ILG, F.X. Beton- und Stahlbetonbau aus Fertigteilen bei der Bodensee-Wasserversorgung. *Wissendurst*. v. 7, n. 4, p. 26-33, 2012.

DONIAK, I. L. O. Pré-moldado de concreto foi decisivo nas obras das arenas da Copa. *Concrete Show*, 2014?. Disponível em: <<http://www.concreteshow.com.br/pt/imprensa/releases/769-pre-moldado-de-concreto-foi-decisivo-nas-obras-das-arenas-da-copa>> Acesso em: 18 jan. 2015.

FARIA, Renato. *Industrialização Econômica*, 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo286523-4.aspx>> Acesso em: 18 jan. 2015.

Jockey Clube Brasileiro. Disponível em: <<http://www.jcb.com.br/>> Acesso em: 15 nov. 2014.

LAUTERBACH, Anne. *Studie zu Bautechinschen für Voraussetzungen für automatisierte Fertigteilmontagen*. Tese (doutorado em construções) - Bauhaus Weimar Universität, Fakultät Bauingenieurwesen, Weimar: 2004

MELO, Carlos Eduardo Emrich. *Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto*. 2. ed. São Paulo, SP: Pini, 2007. 534 p.

MIZUMOTO, Camilo, MARIN, M. C., SILVA, M. C. Aspectos técnicos referente a sistemática de controle e produção da laje alveolar de concreto pré-fabricado, 2013. Disponível em: <<http://www.leonardi.com.br/resources/pdf/artigo-3enppp.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2015.

MOKK, Laszlo. *Prefabricated concrete for industrial and public structures*. 8th. ed. Budapest: Akademiai Kiado, c1964. 516p.

NAKAMURA, Juliana. Pré-fabricados de concreto ganham mais adeptos e a fama de representarem garantia mínima de respeito ao projeto, 2006. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/143/pre-fabricados-de-concreto-ganham-mais-adeptos-e-a-fama-de-22107-1.aspx>> Acesso em: 18 jan. 2015.

Obras BH. Disponível em: <<http://obrasbh.zip.net/>> Acesso em: 18 jan. 2015.

R4 Tecnologia aplicada. Disponível em:  
<<http://www.r4tecno.com.br/laje.alveolar/>> Acesso em: 18 jan. 2015.

RODRIGUEZ ALONSO, Urbano. Exercícios de fundações. 2.ed. São Paulo: E. Blucher, 2010. ix, 206 p.

ROSENBLUM, Anna. Pontes em estruturas segmentadas pré-moldadas protendidas: análise e contribuições ao gerenciamento do processo construtivo. Dissertação (mestrado em estruturas) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, Rio de Janeiro: 2009. 199 p.

SERRA, S.M.B., FERREIRA, M.de A., PIGOZZO, B. N. C. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto, 2005. Disponível em:  
<[http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/164.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf)> Acesso em: 18 jan. 2015.

TALBOT, Derret, FRANCIS, Stuart. Cost Model: Standardised School Solutions, 2012. Disponível em:  
<[http://www.aecom.com/deployedfiles/Internet/Capabilities/Program,%20Cost,%20Consultancy/Cost/Schools\\_CM\\_17Feb12.pdf](http://www.aecom.com/deployedfiles/Internet/Capabilities/Program,%20Cost,%20Consultancy/Cost/Schools_CM_17Feb12.pdf)> Acesso em: 18 jan. 2015.

VAN ACKER, Arnold, FERREIRA M. de A. Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto, 2002. Disponível em:  
<<http://www.ceset.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>> Acesso em: 18 jan. 2015.

VASCONCELOS, Augusto Carlos de. O concreto no Brasil. São Paulo: Studio Nobel, 2002. 3 v.

## 7. APENDICE

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Curso de Especialização em Construção Civil - Pesquisa sobre o Uso do Concreto Pré-Moldado

*Por favor, preencha o questionário a seguir, agradecemos a sua participação.*

1- Nome da Empresa (opcional): \_\_\_\_\_

2- Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?

( X ) Sim ( ) Não

3- Em quais tipos de obra utiliza mais o sistema?

- ( ) Residencial
- ( ) Comercial
- ( X ) Industrial
- ( ) Hospitalar
- ( ) Infraestrutura (Viadutos, pontes, passarelas...)
- ( ) Fundações

4- Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?

- ( ) Até 4 pavimentos
- ( X ) Entre 4 pavimentos e 8 pavimentos
- ( ) Entre 8 pavimentos e 12 pavimentos
- ( ) Acima de 12 pavimentos

5- Nas obras de concreto pré-moldado/pré-fabricado da sua empresa, é mais comum o concreto estar armado ou protendido?

- ( X ) Concreto armado
- ( ) Concreto protendido

6- Aplica processos de racionalização nos canteiros de obra?

( X ) Sim ( ) Não

7- Quais fatores mais influenciam na escolha dos pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Resistência mecânica
- ( ) Aumento da produtividade (minimizar o prazo de obra)
- ( X ) Redução de custos
- ( X ) Evitar desperdícios (racionalização)
- ( ) Garantia de qualidade
- ( ) Facilidade de execução
- ( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

8- Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( X ) Dificuldade de execução
- ( X ) Necessidade de equipamentos específicos
- ( X ) Necessidade de mão-de-obra qualificada
- ( ) Custos elevados
- ( ) Dificuldades de logística das peças (entrega, armazenamento...)
- ( ) Nenhuma das questões anteriores
- ( ) Outras. Quais? \_\_\_\_\_

9- Custo da estrutura por metro quadrado (médio para concretos pré-moldados) (opcional)? \_\_\_\_\_

10- As obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais caras ou mais baratas?

( ) Mais caras ( X ) Mais baratas

11- Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

- ( ) Estrutura em concreto pré-moldado / pré-fabricado
- ( X ) Estrutura em concreto moldado *in loco*

12- A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?

( X ) Sim ( ) Não

13- Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados / pré-fabricados?

( X ) Sim ( ) Não

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Curso de Especialização em Construção Civil - Pesquisa sobre o Uso do Concreto Pré-Moldado

*Por favor, preencha o questionário a seguir, agradecemos a sua participação.*

1- Nome da Empresa (opcional): \_\_\_\_\_

2- Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?

( X ) Sim ( ) Não

3- Em quais tipos de obra utiliza mais o sistema?

- ( ) Residencial  
( ) Comercial  
( X ) Industrial  
( ) Hospitalar  
( ) Infraestrutura (Viadutos, pontes, passarelas...)  
( ) Fundações

4- Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?

- ( X ) Até 4 pavimentos  
( ) Entre 4 pavimentos e 8 pavimentos  
( ) Entre 8 pavimentos e 12 pavimentos  
( ) Acima de 12 pavimentos

5- Nas obras de concreto pré-moldado/pré-fabricado da sua empresa, é mais comum o concreto estar armado ou protendido?

- ( X ) Concreto armado  
( ) Concreto protendido

6- Aplica processos de racionalização nos canteiros de obra?

( X ) Sim ( ) Não

7- Quais fatores mais influenciaram a escolha dos pré-moldados?(Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Resistência mecânica  
( X ) Aumento da produtividade (minimizar o prazo de obra)  
( X ) Redução de custos  
( X ) Evitar desperdícios (racionalização)  
( ) Garantia de qualidade  
( ) Facilidade de execução  
( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

8- Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados?(Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Dificuldade de execução  
( X ) Necessidade de equipamentos específicos  
( X ) Necessidade de mão-de-obra qualificada  
( ) Custos elevados  
( X ) Dificuldades de logística das peças (entrega, armazenamento...)  
( ) Nenhuma das questões anteriores  
( ) Outras. Quais? \_\_\_\_\_

9- Custo da estrutura por metro quadrado (médio para concretos pré-moldados) (opcional)? \_\_\_\_\_

10- As obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais caras ou mais baratas?

( ) Mais caras ( X ) Mais baratas

11- Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

- ( X ) Estrutura em concreto pré-moldado / pré-fabricado  
( ) Estrutura em concreto moldado *in loco*

12- A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?

( X ) Sim ( ) Não

13- Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados/pré-fabricados?

( X ) Sim ( ) Não

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Curso de Especialização em Construção Civil - Pesquisa sobre o Uso do Concreto Pré-Moldado

*Por favor, preencha o questionário a seguir, agradecemos a sua participação.*

1- Nome da Empresa (opcional): \_\_\_\_\_

2- Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?

( X ) Sim ( ) Não

3- Em quais tipos de obra utiliza mais o sistema?

- ( X ) Residencial  
( ) Comercial  
( ) Industrial  
( ) Hospitalar  
( ) Infraestrutura (Viadutos, pontes, passarelas...)  
( ) Fundações

4- Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?

- ( X ) Até 4 pavimentos  
( ) Entre 4 pavimentos e 8 pavimentos  
( ) Entre 8 pavimentos e 12 pavimentos  
( ) Acima de 12 pavimentos

5- Nas obras de concreto pré-moldado/pré-fabricado da sua empresa, é mais comum o concreto estar armado ou protendido?

- ( X ) Concreto armado  
( ) Concreto protendido

6- Aplica processos de racionalização nos canteiros de obra?

( X ) Sim ( ) Não

7- Quais fatores mais influenciaram a escolha dos pré-moldados?(Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Resistência mecânica  
( ) Aumento da produtividade (minimizar o prazo de obra)  
( X ) Redução de custos  
( X ) Evitar desperdícios (racionalização)  
( ) Garantia de qualidade  
( X ) Facilidade de execução  
( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

8- Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados?(Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Dificuldade de execução  
( ) Necessidade de equipamentos específicos  
( X ) Necessidade de mão-de-obra qualificada  
( ) Custos elevados  
( X ) Dificuldades de logística das peças (entrega, armazenamento...)  
( ) Nenhuma das questões anteriores  
( ) Outras. Quais? \_\_\_\_\_

9- Custo da estrutura por metro quadrado (médio para concretos pré-moldados) (opcional)? \_\_\_\_\_

10- As obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais caras ou mais baratas?

( ) Mais caras ( X ) Mais baratas

11- Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

- ( ) Estrutura em concreto pré-moldado / pré-fabricado  
( X ) Estrutura em concreto moldado *in loco*

12- A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?

( ) Sim ( X ) Não

13- Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados/pré-fabricados?

( X ) Sim ( ) Não

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Curso de Especialização em Construção Civil - Pesquisa sobre o Uso do Concreto Pré-Moldado

*Por favor, preencha o questionário a seguir, agradecemos a sua participação.*

1- Nome da Empresa (opcional): \_\_\_\_\_

2- Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?

(x) Sim ( ) Não

3- Em quais tipos de obra utiliza mais o sistema?

- ( x ) Residencial
- ( ) Comercial
- ( ) Industrial
- ( ) Hospitalar
- ( ) Infraestrutura (Viadutos, pontes, passarelas...)
- ( ) Fundações

4- Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?

- (x) Até 4 pavimentos
- ( ) Entre 4 pavimentos e 8 pavimentos
- ( ) Entre 8 pavimentos e 12 pavimentos
- ( ) Acima de 12 pavimentos

5- Nas obras de concreto pré-moldado/pré-fabricado da sua empresa, é mais comum o concreto estar armado ou protendido?

- (x) Concreto armado
- ( ) Concreto protendido

6- Aplica processos de racionalização nos canteiros de obra?

( ) Sim (x) Não

7- Quais fatores mais influenciam na escolha dos pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Resistência mecânica
- (x) Aumento da produtividade (minimizar o prazo de obra)
- ( ) Redução de custos
- (x) Evitar desperdícios (racionalização)
- ( ) Garantia de qualidade
- (x) Facilidade de execução
- ( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

8- Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Dificuldade de execução
- ( ) Necessidade de equipamentos específicos
- (x) Necessidade de mão-de-obra qualificada
- ( ) Custos elevados
- (x) Dificuldades de logística das peças (entrega, armazenamento...)
- ( ) Nenhuma das questões anteriores
- ( ) Outras. Quais? \_\_\_\_\_

9- Custo da estrutura por metro quadrado (médio para concretos pré-moldados) (opcional)? \_\_\_\_\_

10- As obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais caras ou mais baratas?

( ) Mais caras ( x ) Mais baratas

11- Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

- ( ) Estrutura em concreto pré-moldado / pré-fabricado
- (x) Estrutura em concreto moldado *in loco*

12- A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?

(x) Sim ( ) Não

13- Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados / pré-fabricados?

( ) Sim ( x ) Não

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Curso de Especialização em Construção Civil - Pesquisa sobre o Uso do Concreto Pré-Moldado

*Por favor, preencha o questionário a seguir, agradecemos a sua participação.*

1- Nome da Empresa (opcional): \_\_\_\_\_

2- Usa concreto pré-moldado e/ou concreto pré-fabricado?

(x) Sim ( ) Não

3- Em quais tipos de obra utiliza mais o sistema?

- ( x ) Residencial
- ( ) Comercial
- ( ) Industrial
- ( ) Hospitalar
- ( ) Infraestrutura (Viadutos, pontes, passarelas...)
- ( ) Fundações

4- Quantos pavimentos possuem maior parte das obras de concreto pré-moldado?

- (x) Até 4 pavimentos
- ( ) Entre 4 pavimentos e 8 pavimentos
- ( ) Entre 8 pavimentos e 12 pavimentos
- ( ) Acima de 12 pavimentos

5- Nas obras de concreto pré-moldado/pré-fabricado da sua empresa, é mais comum o concreto estar armado ou protendido?

- (x) Concreto armado
- ( ) Concreto protendido

6- Aplica processos de racionalização nos canteiros de obra?

( ) Sim (x) Não

7- Quais fatores mais influenciam na escolha dos pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Resistência mecânica
- (x) Aumento da produtividade (minimizar o prazo de obra)
- ( ) Redução de custos
- (x) Evitar desperdícios (racionalização)
- ( ) Garantia de qualidade
- (x) Facilidade de execução
- ( ) Outros. Quais? \_\_\_\_\_

8- Quais as principais desvantagens na utilização de pré-moldados? (Podem ser marcadas várias opções de resposta.)

- ( ) Dificuldade de execução
- ( ) Necessidade de equipamentos específicos
- (x) Necessidade de mão-de-obra qualificada
- ( ) Custos elevados
- (x) Dificuldades de logística das peças (entrega, armazenamento...)
- ( ) Nenhuma das questões anteriores
- ( ) Outras. Quais? \_\_\_\_\_

9- Custo da estrutura por metro quadrado (médio para concretos pré-moldados) (opcional)? \_\_\_\_\_

10- As obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais caras ou mais baratas?

( ) Mais caras ( x ) Mais baratas

11- Qual dos métodos construtivos apresenta maior incidência de manifestações patológicas?

- ( ) Estrutura em concreto pré-moldado / pré-fabricado
- (x) Estrutura em concreto moldado *in loco*

12- A sua empresa faz controle tecnológico nas obras com pré-fabricação?

( x ) Sim ( ) Não

13- Acha vantajoso o uso do sistema de pré-moldados / pré-fabricados?

( ) Sim ( x ) Não