

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS**

**Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica**

**BRENO LUIZ DE SOUZA RESENDE**

**PAULO BERNADO JÚNIOR**

**NARCELLE ROUSSOS MACHADO DOS SANTOS**

**VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE PRÉ-MOLDADOS**

**BELO HORIZONTE - MG**

**NOVEMBRO – 2021**

**BRENO LUIZ DE SOUZA RESENDE**

**PAULO BERNARDO JÚNIOR**

**NARCELLE ROUSSOS MACHADO DOS SANTOS**

## **VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE PRÉ-MOLDADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de graduação em Engenharia Civil.

Área de concentração: Engenharia Civil

Orientador: Prof. Ms. Joubert Paulo Ferreira

**BELO HORIZONTE - MG**

**NOVEMBRO – 2021**



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE PRÉ-MOLDADOS**, de autoria dos alunos BRENO LUIZ DE SOUZA RESENDE, PAULO BERNARDO JÚNIOR e NARCELLE ROUSSOS MACHADO DOS SANTOS, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos ***Cadernos de Comunicações Universitárias***, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

PPDC/FEAMIG

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as funcionalidades dos elementos de pré-moldado na construção civil. Será apresentado um breve relato da história do pré-moldado e da alvenaria convencional no Brasil. Além disso, será mostrado as vantagens e desvantagens do sistema construtivo em pré-moldado e realizado um comparativo de custos e prazo na elaboração de uma obra em pré-moldado comparado com a alvenaria convencional. Foram realizadas pesquisas em teses, livros, monografias e artigos relacionados ao tema, onde foi possível colher informações necessárias para conclusão desse trabalho. As vantagens e desvantagens apresentadas tem o propósito de demonstrar os leitores as possibilidades que a técnica em pré-moldado pode oferecer. Os dados de custos e prazos coletados através de autores, foram incluídos neste estudo para melhor visualização dos resultados.

**Palavras-chave:** Construção civil. Sistemas construtivos. Desempenho de edificações.

## **ABSTRACT**

This work aims to present the functionalities of precast elements in civil construction. A brief report of precast and conventional masonry history on Brazil will be presented. In addition, the advantages and disadvantages of precast construction system will be shown and also will be made a comparison of costs and deadlines at the preparation of a precast work related to conventional masonry. Researches were carried out at theses, books, monographs and articles related to the topic, where it was possible to gather necessary information to complete this work. The advantages and disadvantages presented are intended to demonstrate to the readers possibilities that the precast technique can offer. Cost and deadline data collected from authors were included in this study for a better visualization of the results.

**Keywords:** Civil construction. Building systems. Building performance.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rochas com Opus Caementicium.....	14
Figura 2 - Central Parque da Lapa.....	16
Figura 3 - Fundação em Radier Após Concretagem.....	17
Figura 4 - Obra com Alvenaria Estrutural.....	19
Figura 5 - Obra com Alvenaria de Embasamento.....	19
Figura 6 - Obra com Alvenaria de Vedação.....	20
Figura 7 - Sistema de Encaixe do Marco com a Alvenaria.....	23
Figura 8 - Esquema de Estrutura de Cobertura em Madeira.....	24
Figura 9 - Condominium Club Ibirapuera.....	26
Figura 10 - Sistema Industrial Fechado.....	27
Figura 11 - Sistema Industrial Aberto.....	28
Figura 12 - Exemplo de Sistema Modular.....	30
Figura 13 - Estrutura Pré-moldada em Esqueleto.....	31
Figura 14 - Sistema de Estrutura Aporticada.....	32
Figura 15 - Estrutura de Painel Combinada com Estrutura de Esqueleto.....	33
Figura 16 - Vista Esquemática de um Edifício com Painéis Estruturais de Fachada e Compridos Painéis Para Piso.....	34
Figura 17 - Piso Pré-fabricado com Estrutura de Grande Vão.....	35
Figura 18 - Esquema de Construção com Sistema Celular.....	36
Figura 19 - Peça de Pré-moldado Pronta.....	36
Figura 20 - Detalhe de uma Forma Para Pilar.....	38
Figura 21 - Preparo de Armaduras e Formas em Pré-moldado.....	39
Figura 22 - Acabamento no Premodulo.....	45
Figura 23 - Planta Baixa da Unidade Habitacional.....	49
Figura 24 - Diagrama de Comparativo de Custos.....	51
Figura 25 - Planta Arquitetônica do Galpão.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo das vantagens e desvantagens do pré-moldado. ....	48
Tabela 2 - Comparativo de custos.....	50
Tabela 3 - Custos por metro quadrado. ....	51
Tabela 4 - Tempo de execução dos serviços para alvenaria convencional. ....	53
Tabela 5 - Tempo de execução dos serviços para estrutura pré-moldada.....	54

## LISTA DE SIGLAS

Pré-moldado	Material de construção civil fabricado por meio de molde
Pré-fabricado	Elemento pré-moldado executado industrialmente
BNH	Banco Nacional de Habitação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Técnica Brasileira
PVC	Policloreto de Vinila - Plástico de características únicas com várias possibilidades de aplicações.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 Contexto.....	11
1.2 Problema de pesquisa .....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	12
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	12
1.4 Justificativa .....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1 Histórico da construção civil no Brasil .....	14
2.2 Evolução do sistema construtivo convencional no Brasil.....	15
2.2.1 <i>Processo construtivo</i> .....	17
2.2.2 <i>Fundação</i> .....	17
2.2.3 <i>Alvenaria</i> .....	18
2.2.3.1 <i>Alvenaria estrutural</i> .....	18
2.2.3.2 <i>Alvenaria de embasamento</i> .....	19
2.2.3.3 <i>Alvenaria de vedação</i> .....	20
2.2.4 <i>Estrutura de concreto armado</i> .....	20
2.2.5 <i>Revestimento</i> .....	21
2.2.6 <i>Forro</i> .....	21
2.2.7 <i>Revestimento de paredes</i> .....	21
2.2.8 <i>Revestimentos de pisos</i> .....	22
2.2.9 <i>Pinturas</i> .....	22
2.2.10 <i>Esquadrias</i> .....	22
2.2.11 <i>Cobertura</i> .....	23
2.3 Evolução dos pré-moldados.....	24
2.4 Sistemas de construção industrializados .....	26
2.4.1 <i>Sistema de ciclo fechado</i> .....	26
2.4.2 <i>Sistema de ciclo aberto</i> .....	28
2.4.3 <i>Coordenação modular</i> .....	29
2.4.4 <i>Sistema estrutural</i> .....	31
2.4.4.1 <i>Sistema em esqueleto</i> .....	31
2.4.4.2 <i>Sistema aporcado</i> .....	32
2.4.4.3 <i>Estrutura de painéis estruturais</i> .....	32
2.4.4.4 <i>Fachadas de concreto</i> .....	33
2.4.4.5 <i>Sistema pré-moldado para piso</i> .....	34

2.4.4.6 <i>Sistemas celulares</i> .....	35
2.5 Método de fabricação do pré-moldado.....	36
2.5.1 <i>Forma</i> .....	37
2.5.2 <i>Armações</i> .....	38
2.5.3 <i>Concretagem</i> .....	39
2.5.4 <i>Cura e desforma das peças</i> .....	40
2.6 Ecoeficiência.....	40
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	41
3.1 Tipos de pesquisa.....	41
3.2 Natureza da pesquisa .....	41
3.3 Pesquisa quanto aos fins .....	41
3.4 Pesquisa quanto aos meios .....	42
3.5 Universo e amostra .....	43
3.6 Organização .....	43
3.7 Coleta e análise de dados.....	43
3.8 Limitações.....	43
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	44
4.1 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldado .....	44
4.1.1 <i>Vantagens</i> .....	44
4.1.1.1 <i>Facilidade de transporte</i> .....	44
4.1.1.2 <i>Acabamento</i> .....	45
4.1.1.3 <i>Redução de custos</i> .....	45
4.1.1.4 <i>Redução na geração de resíduos</i> .....	46
4.1.1.5 <i>Ecoeficiência</i> .....	46
4.1.1.6 <i>Instalação hidráulica e elétrica</i> .....	47
4.1.2 <i>Desvantagens</i> .....	47
4.1.2.1 <i>Limitação</i> .....	47
4.1.2.2 <i>Mão de obra especializada</i> .....	47
4.1.3 <i>Comparativo entre as vantagens e desvantagens do uso do pré-moldado</i> .....	48
4.2 Comparação de custos de uma construção utilizando alvenaria convencional e outra construída em sistema pré-moldado .....	49
4.3 Comparação de prazos de execução entre uma obra utilizando alvenaria convencional e outra em sistema pré-moldado .....	52
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	55
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	57
<b>7 APÊNDICE A – Artigo Publicado</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o Brasil, bem como todo o mundo, tem enfrentado vários desafios econômicos, e com isso a indústria da construção civil precisa inovar e se adaptar cada vez mais para viabilizar os custos de uma edificação, de modo que fiquem mais práticas e econômicas. Com isso a alvenaria convencional, apesar de já ser bem difundida no país, vem se tornando um pouco obsoleta com a introdução de novas técnicas construtivas como a de pré-moldados, que tem tido uma boa aceitação no mercado.

Tendo em vista o avanço tecnológico promovido por meio da engenharia civil promoveu-se novos sistemas construtivos e métodos cada vez mais eficazes a fim de, otimizar o tempo e os custos de empreendimentos imobiliários, além de potencializar a qualidade dos produtos ofertados.

O pré-moldado é uma dessas novas tecnologias, pois permite realizar construções de forma rápida e prática, sendo que, dependendo da ocasião, a própria peça pode ser utilizada como fôrma para construção de pilares e cintamentos, dispensando assim o uso excessivo de madeiras na obra. Além disso, é bastante prático, pois permite que as peças sejam manuseadas sem a necessidade de equipamentos especiais para içamento.

### 1.1 Contexto

Atualmente o método construtivo mais utilizado na construção civil ainda é o da alvenaria convencional em blocos cerâmicos, por ser mais difundido no mercado e por vezes dispensar mão de obra especializada, porém essa nova tecnologia construtiva de pré-moldados vem se tornando cada vez mais cobiçada, pelas diversas vantagens que o produto pode oferecer. Dentre elas podemos citar: otimização do tempo e agilidade na edificação do projeto, além do custo-benefício devido ao ganho de tempo no canteiro de obras, gerando menor gasto financeiro com materiais.

Qualidade e durabilidade, afinal de contas, o processo produtivo das peças é realizado de forma bastante cautelosa e criteriosa respeitando os controles de qualidade e segurança, mesmo quando fabricado de forma artesanal. E não menos

importante a sustentabilidade, já que a matéria prima das peças é facilmente encontrada no mercado, como também a redução de resíduos gerados na obra, tornando-a mais limpa e sustentável.

## 1.2 Problema de pesquisa

Quais as vantagens e desvantagens de utilizar o sistema construtivo pré-moldado na construção civil?

## 1.3 Objetivos

### *1.3.1 Objetivo geral*

Apresentar as vantagens e desvantagens do uso do pré-moldado na construção civil no Brasil.

### *1.3.2 Objetivos específicos*

- Comparar as vantagens e desvantagens do uso do pré-moldado;
- Comparar os custos de uma construção utilizando alvenaria convencional e outra construída em sistema pré-moldado;
- Comparar os prazos de execução entre construções similares, sendo uma em alvenaria convencional e outra construída em sistema pré-moldado.

## 1.4 Justificativa

Este estudo sobre a utilização do pré-moldado é de grande importância para o mercado construtivo, por ser uma técnica ainda pouco difundida no Brasil, traz a conscientização de que este método é bastante promissor para sociedade no geral, pelas vantagens apresentadas. Vale salientar que essa técnica traz uma série de vantagens para as construtoras, pois possibilita executar uma obra com qualidade e pouca mão de obra, comparado a outros meios mais tradicionais, diminuindo

consideravelmente o prazo de execução, sendo possível atender melhor até os clientes mais ansiosos.

O pré-moldado também se torna vantajoso para os pequenos construtores e para quem pretende realizar o sonho da casa própria, devido a facilidade e rapidez na construção de uma casa com sua utilização. O pré-moldado vem se tornando um instrumento de grande valia em todos os aspectos, principalmente para profissionais da área de engenharia civil recém-chegados ao mercado de trabalho, pois é possível agregar experiência e criar hábitos de manter a qualidade nos serviços, gerando benefícios para todos os envolvidos.

A realização dessa pesquisa foi de suma importância para o grupo, pois, foi possível adquirir conhecimentos mais aprofundados sobre o pré-moldados e suas técnicas construtivas, possibilitando replicar esse aprendizado para outras pessoas que buscam agregar conhecimento e trazer avanços à área de construção civil.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Histórico da construção civil no Brasil

A história da utilização de alguns materiais e da cerâmica para produção de objetos na engenharia, se deu há cerca de 12.000 a.C., conforme Queiroz (2018), desde então os conhecimentos e as técnicas vêm se aprimorando de forma lenta e cíclica. Ainda de acordo com Queiroz (2018), os romanos utilizavam as técnicas que mais foram difundidas até os dias de hoje, com muitas variações. Eles utilizavam blocos de rocha ou tijolos cerâmicos, as partes internas eram preenchidas com uma espécie de cimento hidráulico pozolânico e areias denominada *opus caementicium* (Figura 1), constituindo-se em um tipo de concreto da época.

Figura 1 - Rochas com *Opus Caementicium*.



Fonte: Archdaily, (2021).

Os primeiros registros que se tem sobre construção civil no Brasil são de 1684 e se refere a reforma de um mosteiro no Rio de Janeiro, onde o Frei Bernardo de São Bento era responsável por tal, ele então resolveu registrar tudo que seria feito em um livro nomeado “Declaração de Obras”. Claro que já haviam sido realizadas outras construções no Brasil, porém essa obra se tornou marcante pelo seu manuscrito que é considerado o primeiro diário de obra brasileiro. Esses manuscritos ganham destaque por terem sido uma descrição detalhada de práticas, processos técnicos e de problemas na obra, complementado com as soluções encontradas para eles. (PACHECO, 2020).

Em 1810 com a chegada da Família Real no Brasil foi que iniciou as primeiras universidades de engenharia civil. Sendo assim com o crescimento de profissionais nessa área a construção começou a ser mais evidente. Em 1940 com o Governo Getúlio Vargas é que o Brasil conhece a técnica do concreto armado e junto com os investimentos do governo nesse ramo, o Brasil alcançou um maior desenvolvimento.

Em 1950 com o governo de Juscelino Kubitscheck foi criado o Plano de Metas, mais popularmente conhecido como 50 anos em 5, que visava o aumento de investimentos em vários setores. Foi concedido financiamentos internacionais, o que alavancou ainda mais a criação de áreas urbanas, como Brasília por exemplo. Em 2007 foram criados vários programas para impulsionar ainda mais a construção civil, como o Programa de Aceleração do Crescimento e o Minha Casa Minha Vida, que segundo Pacheco (2020), deixava clara a nova percepção do governo sobre a importância da construção para a economia.

Hoje a tecnologia está tomando conta do mercado e podemos observar que cada etapa é fundamental para o crescimento e aprendizado dessa área. Novas técnicas são aplicadas junto com os programas de computação para facilitar o passo a passo de uma construção. O que antes era um manuscrito com as anotações hoje é fundamental para o sucesso de uma obra. O tópico a seguir demonstra um pouco mais de como foi o processo evolutivo da construção.

## 2.2 Evolução do sistema construtivo convencional no Brasil

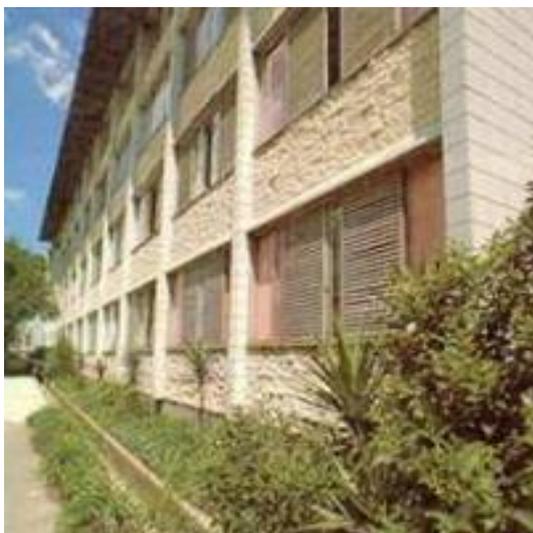
A alvenaria convencional é um dos métodos construtivos tradicionais na cultura habitacional brasileira, essa técnica vem sendo utilizada desde o século XVII. Inicialmente as construções não tinham nenhum planejamento e eram executadas pelos próprios moradores com a ajuda de amigos e vizinhos que utilizavam pedras como matéria prima. Segundo Vargas (1994), em locais mais nobres eram utilizados também os tijolos que foram se modernizando e se tornou um dos principais meios de fundamentar construções.

Conforme Sapunaru (2016), por volta de 1549, a Engenharia Civil começou a ser difundida no Brasil através dos militares. E com a evolução natural, não temos como dissociar a utilização de blocos de vedação cerâmicos nas construções convencionais. De acordo com a Associação de Cerâmica Brasileira –

(ABCERAM 2017), a madeira era uma das principais matérias primas utilizadas na construção civil no Brasil, devido a sua abundância, porém, já nas primeiras décadas do século XX, houve uma grande imigração de refugiados da segunda guerra mundial, o que ocasionou um efeito produtivo no Brasil e com essa alta demanda no setor habitacional a madeira ficou escassa, sendo assim, ela foi substituída essencialmente por tijolos cerâmicos.

A alvenaria convencional de acordo com Azevedo (1997), se trata de construções realizadas com estruturas de fundação, ou seja, vigas e pilares de concreto que são formados por moldes de madeira e com vedação utilizando blocos de cerâmica assentados por argamassa. Com a evolução de algumas técnicas de construção no Brasil, a alvenaria estrutural se deu em 1966 quando foi construído o Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa em São Paulo, esse conjunto possuía 4 pavimentos e foi construído em blocos de concreto de 19 centímetros (Figura 2).

Figura 2 - Central Parque da Lapa.



Fonte: Comunidade da Construção, (s.d.).

Em 1990 iniciou a construção do Edifício Solar dos Alcântara em São Paulo que só foi finalizada em 1994, o prédio possuía 21 pavimentos e foi construído com blocos de concreto de 14 cm de espessura, conforme Garcia (2019). Com o passar dos anos o sistema construtivo convencional foi se tornando cada vez mais amplo e até hoje muitas construções ainda são realizadas utilizando essa técnica. Isso se deve

ao fato de os materiais serem economicamente viáveis, facilmente encontrado no mercado, resistentes e possuírem bom desempenho termoacústico.

### *2.2.1 Processo construtivo*

Nesse sistema são utilizados diversos componentes como: blocos cerâmicos, ferragens, argamassa, revestimentos, etc., e também diversos processos, como o concreto que é constituído de água, cimento e agregados miúdos e graúdos. O sistema construtivo convencional é realizado em várias etapas que serão vistas a seguir:

### *2.2.2 Fundação*

A base da construção tem como finalidade administrar todo peso e pressão que a estrutura tem na superfície, dessa forma a base pode ser realizada de forma plana ou profunda. Para segurar o peso da estrutura até o chão pode ser utilizado sapatas, blocos, radiers, vigas de fundação e sapatas associadas. Castro (2005), cita que a escolha do tipo de fundação depende de vários fatores como parâmetros do solo, nível do lençol freático, resistência, topografia, profundidade da camada resistente, dentre outros fatores.

Figura 3 - Fundação em Radier Após Concretagem.



Fonte: Escola Engenharia, (2019).

Os radiers podem ser executados em concreto armado, protendido ou reforçado com malha de aço. Esse tipo de estrutura é mais utilizado em habitações populares de um único pavimento (Figura 3).

### 2.2.3 Alvenaria

A alvenaria é o conjunto de elementos da construção civil. Essa união se dá entre os elementos como blocos, cerâmicas, tijolos, pedra, dentre outros, que são conectados por argamassa com a finalidade de formar muros, paredes e alicerces de edifícios, separar ambientes internos e externos formando barreiras contra intempéries, garantindo conforto e segurança ao imóvel.

A NBR 15270-2 (ABNT 2017), define um bloco como, componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou perpendiculares às faces que os contém. Para criação da alvenaria podem ser utilizados vários tipos de materiais como:

- Blocos de concreto estrutural;
- Blocos de concreto de vedação;
- Blocos de concreto celular autoclavados;
- Tijolo cerâmico;
- Tijolo de vidro;
- Blocos de solo-cimento;
- Blocos cerâmicos
- Blocos de silício-calcário.

A seguir será mostrado alguns tipos de alvenaria.

#### 2.2.3.1 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural também é conhecida como autoportante, elas não necessitam de vigas e colunas pois, as paredes sustentam todo o peso e distribuí para a fundação (Figura 4). As tubulações elétricas e hidráulicas passam por dentro dos blocos com base na planta estrutural. Vale lembrar que esse tipo de construção não permite reformas que necessitam de cortes nas paredes. Os blocos mais utilizados na alvenaria estrutural são os de concreto e cerâmicos.

Figura 4 - Obra com Alvenaria Estrutural.



Fonte: Entenda Antes, (2020).

### 2.2.3.2 Alvenaria de embasamento

A alvenaria de embasamento utiliza tijolos maciços e blocos de concreto, geralmente usados em terrenos com aclive ou declive com a finalidade de deixar o terreno nivelado, as tubulações de hidráulica e elétrica podem ser passadas sem alteração do baldrame. (Figura 5).

Figura 5 - Obra com Alvenaria de Embasamento.



Fonte: Entenda Antes, (2020).

### 2.2.3.3 Alvenaria de vedação

Conforme Pereira (2017), a estrutura de vedação como o nome já diz tem a finalidade de vedar, além disso é ideal para separação de ambientes. Nela é utilizada estrutura como vigas de concreto, estrutura metálica e pilares como forma de sustentação.

Figura 6 - Obra com Alvenaria de Vedação.



Fonte: Entenda Antes, (2020).

Esse tipo de construção é considerado convencional e suas opções de estética são melhores com relação a estrutural. É essencial que se tenha mão de obra qualificada pois, caso o profissional não tenha familiaridade com esse tipo de construção, podem ocorrer algumas patologias como paredes fora do esquadro, fissuras, dentre outras, ela também requer um tempo maior na execução (Figura 6).

### 2.2.4 Estrutura de concreto armado

O concreto é formado misturando água, cimento e agregados miúdos e graúdos, essa mistura forma uma pasta maleável e moldável, sendo possível fazer a forma desejada. Com a evaporação da água ao longo do tempo essa mistura acaba enrijecendo até se tornar uma estrutura firme. “Em termos de resistência, é possível comparar o concreto com uma rocha: possui elevada resistência à compressão, porém baixíssima resistência a tração” (CASSAR, 2018, p.19). Sendo assim, para tornar o concreto mais resistente é possível adicionar barras de aço na mistura formando assim o concreto armado. Bastos (2006), define concreto armado como a

junção do concreto simples com um material resistente a tração de modo que ambos resistam aos esforços solicitantes. São várias as vantagens de utilizar o concreto armado nas edificações, “Ao envolver o aço, o concreto cria uma camada protetora que impede a corrosão do metal, aumentando muito a durabilidade e resistência a intempéries do conjunto” (CASSAR, 2018, p. 20).

#### *2.2.5 Revestimento*

O revestimento é a camada externa, elaborado pela aplicação de um material específico para cobrir a alvenaria. São vários tipos de revestimento disponíveis no mercado, como pintura, textura, revestimento cerâmico, gesso, etc. Conforme Oliveira (2012), é importante levar em consideração o local que o revestimento será aplicado e as condições que serão submetidos, tais como intempéries e umidade (área seca ou molhada).

#### *2.2.6 Forro*

Segundo Cassar (2018), o forro tem por objetivo compor o ambiente arquitetonicamente, ele também protege e gera isolamento acústico e térmico. Existem vários tipos de forro disponíveis no mercado como gesso, metal, PVC, madeira, dentre outros e devem ser escolhidos de acordo com a necessidade do usuário. Em construções residenciais populares geralmente é utilizado forro de madeira e PVC. De acordo com Milito (2009), os forros de madeira possuem lâminas como pinho, pinus, ipê e jatobá na sua confecção, podendo ser fixado com pregos e ripas. Os forros de PVC podem ser produzidos em placas firmes, sendo bem parecidos com os de madeira.

#### *2.2.7 Revestimento de paredes*

Os revestimentos de parede são materiais que cobrem a superfície vertical e necessita de argamassa para sua fixação. De acordo com Azeredo (2004), existem vários tipos de argamassa como: argamassa de aderência utilizada para chapisco; argamassa de regularização ideal para emboço e a de acabamento utilizada no reboco.

A função do chapisco é criar aspereza em superfícies lisas e com pouca porosidade proporcionando assim aderência na superfície para receber o revestimento. Já o emboço serve para regularizar a superfície assim como proteger a parede contra a umidade. Segundo Azeredo (2004) o reboco e o emboço são geralmente aplicados como camada única e serve como acabamento para receber pintura ou argamassa colante, para posteriormente receber o revestimento cerâmico.

#### *2.2.8 Revestimentos de pisos*

O revestimento de piso é a camada externa, elaborado para aplicação de material específico para cobrir a alvenaria, os tipos mais comuns são azulejo, porcelanato, cerâmica, pastilhas, dentre outros. Este por sua vez deve ser aplicado depois que a laje esteja totalmente preparada e impermeabilizada. De acordo com Cassar (2018), deve ser executado o contrapiso de modo a regularizar a superfície. O modo como o piso deve ser assentado é parecido com o revestimento das paredes, utiliza-se argamassa colante e rejunte como acabamento.

#### *2.2.9 Pinturas*

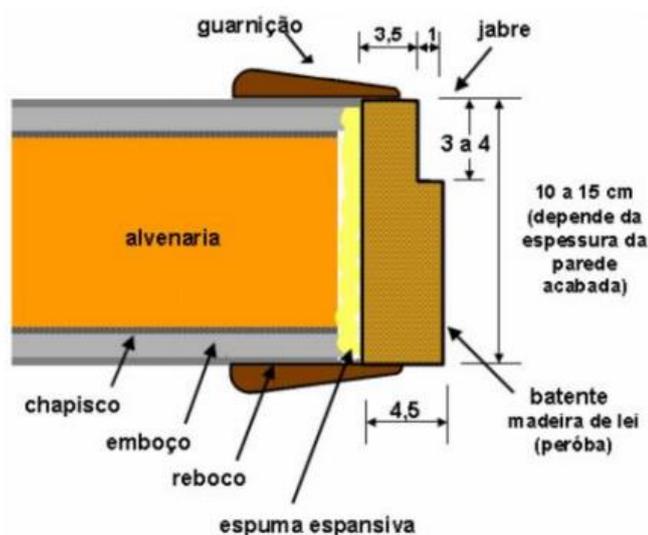
A pintura, de acordo com Cassar (2018), tem como finalidade agregar o valor estético da edificação e proteger a estrutura da deterioração causada por intempéries formando uma película resistente que auxilia também no processo de limpeza além de agregar valor estético a edificação. As cores devem ser escolhidas de acordo com o gosto do usuário, porém vale lembrar que as claras refletem a luz solar trazendo um conforto térmico.

#### *2.2.10 Esquadrias*

As esquadrias são elementos que têm como função básica o fechamento de vãos como janelas, portas e portões, as esquadrias podem ser usadas da melhor maneira com a finalidade de aproveitar a luz natural externa bem como a ventilação do ambiente. Elas também são usadas no interior dos empreendimentos para dividir espaços, possibilitando o conforto e privacidade do usuário.

Conforme Pozzobon (2007), os componentes das portas do sistema convencional constituem um sistema funcional, seus elementos são: batente ou marco, guarnição, folha e ferragem. O batente ou marco é a moldura da porta e tem como finalidade cobrir o pedaço da parede ao redor da mesma, garantindo a proteção de possíveis danos nessa região (Figura 7).

Figura 7 - Sistema de Encaixe do Marco com a Alvenaria.



Fonte: Pozzobon, (2007).

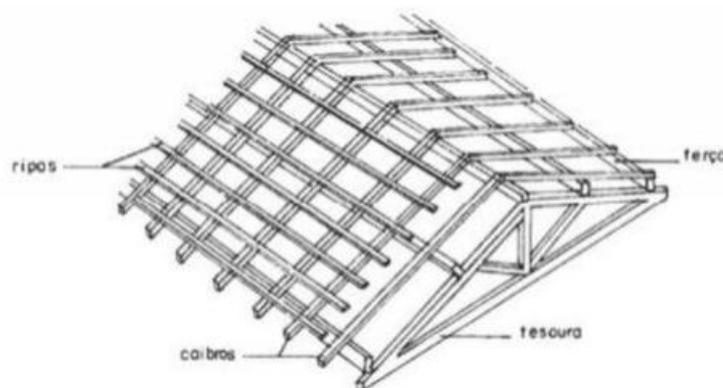
A guarnição ou alizar é o acabamento da porta e deve ser instalado entre a alvenaria e o marco, já a espuma é usada para fixar o marco na alvenaria, eliminando os espaços e evitando patologias no marco. As folhas são o que compõem as portas e janelas podendo ser fixas ou móveis e de vários materiais. As ferragens são todos os acessórios, componentes e peças metálicas que servem para sustentação das portas e janelas. O bom funcionamento, durabilidade e estética das portas e janelas dependem da qualidade das ferragens.

### 2.2.11 Cobertura

De acordo com Cassar (2018), as coberturas têm função de proteger as edificações de ações como intempéries, cumprindo as funções utilitárias, estéticas e econômicas (Figura 8). Existem várias opções de cobertura no mercado como de cerâmica, fibrocimento, concreto, madeira, polycarbonato, dentre outras. Conforme Borges (2009), o telhado pode ser dividido em duas principais estruturas sendo o

madeiramento e a cobertura. O caimento na cobertura de telhado (telhas ou concreto) deve ter no mínimo 35% de inclinação, já na cobertura de fibrocimento o mínimo de 22% de inclinação.

Figura 8 - Esquema de Estrutura de Cobertura em Madeira.



Fonte: Oliveira, (2002).

### 2.3 Evolução dos pré-moldados

Segundo RRA, Ferreira (2005), a evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, sendo cada uma caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Ou seja, cada fase foi importante e fundamental para melhoria contínua do processo. A utilização dos pré-fabricados foi criada a partir da industrialização, ou seja, com a chegada das máquinas substituindo o homem e logo após, com os processos mecanizados e tecnologias eletrônicas sendo inseridas na melhoria de todo processo.

O pré-moldado tem o seguinte significado segundo Revel (1973), fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final da obra. A norma NBR 9062 – Projeto de Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado (ABNT, 1985) define que a estrutura pré-fabricada é o elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada.

Essa técnica foi bem difundida no período da Segunda Guerra Mundial, de acordo com Moreira (2016), foi uma solução devido às características próprias do sistema como a racionalização de custos, prazos e rapidez na execução juntamente

com as necessidades sociais, econômicas e políticas em que se encontravam os países no pós-guerra. Como o Brasil não sofreu grandes devastações com a guerra, não houve tal necessidade. Diante disso, essa técnica chegou no Brasil de forma mais lenta, tanto que a primeira construção utilizando elementos pré-fabricados, foi trazida por uma empresa dinamarquesa chamada Chiistiani-Nielsen, com filial no Brasil que construiu o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro em 1925, onde o pré-moldado foi utilizado nas estacas da fundação e nas cercas do perímetro. Já na década de 50 a construtora Mauá utilizou essa técnica em grande escala, construindo vários galpões com esses elementos que segundo Vasconcelos (2002), possibilitou economia de tempo e espaço dando uma grande produtividade na obra.

O aquecimento da pré-fabricação, segundo Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), foi a partir do déficit habitacional da década de 50, tendo em vista que o crescimento da população urbana atingiu altos níveis devido a programas de incentivo do Governo, a fim de impulsionar a construção civil. A estrutura de pré-moldado teve um grande impulso pela necessidade de construções em larga escala, a escassez na mão-de-obra e o desenvolvimento da tecnologia do concreto protendido. (PAGOTO; CAMICIA, 2013).

O primeiro edifício construído com essa técnica, em vários pavimentos de acordo com Vasconcelos (2002), foi o Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo – CRUSP da cidade universitária Armando Salles de Oliveira em 1964, o mesmo tinha doze prédios de doze pavimentos cada e tinha como finalidade abrigar os estudantes que vinham de outros estados. As peças que foram utilizadas na construção do edifício foram fabricadas no próprio canteiro de obras que conforme Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), foi um elemento altamente favorável devido ao espaço existente no local.

Devido ao aumento da população e as poucas moradias na época o governo criou o BNH – Banco Nacional de Habitação, este tinha como finalidade impulsionar a construção civil. O intuito inicial do BNH era aumentar a mão de obra nos canteiros, o que desestimulava a utilização do pré-fabricado, porém, isso não ocorreu, pois, vários empresários visando as vantagens da técnica lutaram para o avanço na industrialização da construção e automaticamente a aplicação do pré-fabricado. Em 1970 o BNH criou novas diretrizes e assim estimulou novas tecnologias e patrocinaram a pesquisa e o desenvolvimentos de processos construtivos com

componentes pré-fabricados, conforme Oliveira (2002), organizaram e instalaram canteiros experimentais como o Narandiba na Bahia em 1978, o Carapicuíba VII em 1980 e o Jardim São Paulo em 1981, ambos no estado de São Paulo. Essas construções, porém, apresentaram vários problemas patológicos, cuja manutenção tiveram custos bastante elevados e em alguns casos, foi necessária demolição. Esse fato fez com que os pré-fabricados deixassem de ser utilizados.

Figura 9 - *Condominium Club Ibirapuera*.



Fonte: Condominio Club Ibirapuera, (s.d.).

Com o crescimento e desenvolvimento da cidade de São Paulo na década de 90, houve a necessidade de construções como hotéis e centros comerciais. E foi através deste que o pré-fabricado voltou com tudo ao ramo da construção civil devido a sua rapidez na execução. De acordo com Oliveira (2002), como os edifícios de múltiplos pavimentos exigia requinte nos acabamentos de fachadas, houve o ressurgimento dos painéis pré-fabricados. Como exemplo da utilização desses painéis temos a construção do *Condominium Club Ibirapuera* em São Paulo (Figura 9).

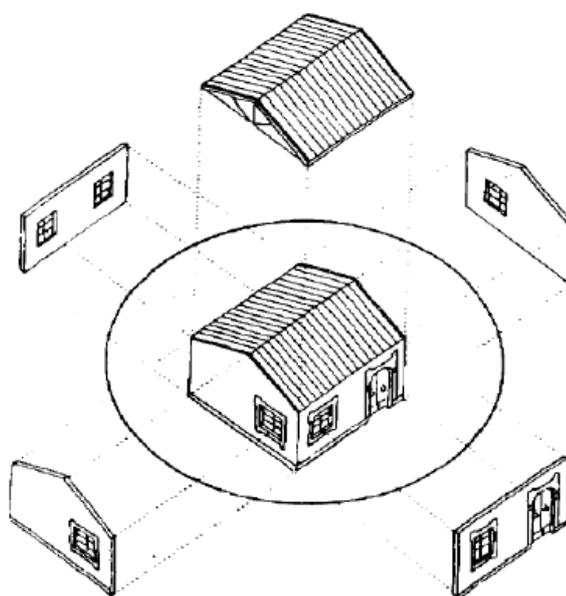
## 2.4 Sistemas de construção industrializados

### 2.4.1 *Sistema de ciclo fechado*

O sistema de ciclo fechado é a construção em série dos componentes necessários para um edifício específico. “A partir de um determinado projeto, serão produzidos em série todos os elementos construtivos do edifício por uma mesma

empresa” (DE MARCO, 2015, p. 8). Dessa forma, esse sistema não pode ser agregado a outros fabricantes ou componentes diferentes (Figura 10). De acordo com Mandolesi (1981), esse sistema somente é viabilizado economicamente considerando os custos apenas da construção, no caso de manutenção, adequação e ampliação do projeto esse sistema é considerado inapropriado economicamente.

Figura 10 - Sistema Industrial Fechado.



Fonte: Mandolesi, (1981).

Mandolesi (1981) enumera as seguintes limitações para esse sistema:

- Requer a produção em grande escala de elementos do mesmo tipo para viabilizar a fabricação;
- Descarta a possibilidade de expandir o mercado, para que os produtos sejam utilizados em outros projetos;
- Descarta a diversidade da edificação devido às características únicas do sistema inicial;
- Limita a ser exclusiva a grandes empresas, sendo inviável para pequenas e médias a não ser que se associem a consórcios e ou cooperativas.

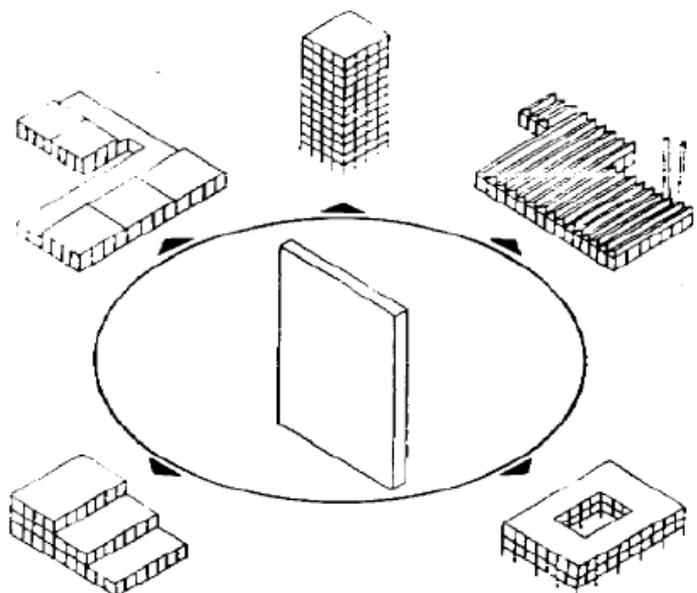
Concluindo, a construção industrializada por sistema industrial fechado caracteriza-se pela produção de tipos pré-determinados de edificações, por meio da

pré-fabricação em série dos componentes construtivos, que terão uso exclusivo no sistema adotado (MANDOLESI, 1981).

#### 2.4.2 Sistema de ciclo aberto

O sistema de ciclo aberto (Figura 11) “consiste na industrialização de componentes destinados ao mercado, e não a um tipo específico de edificação” (DE MARCO, 2015, p. 19), ou seja, ele pode ser produzido por qualquer fabricante, bem como ser utilizado em qualquer projeto. Esse sistema coloca à venda seus componentes e não o edifício como no sistema fechado, “os elementos assim produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas”. (BRUNA, 1976. p. 60).

Figura 11 - Sistema Industrial Aberto.



Fonte: Mandolesi, (1981).

A seguir algumas finalidades do sistema ciclo aberto, segundo Mandolesi, 1981:

- Facilidade de inserir os produtos no mercado da construção, visto a ampla possibilidade disponíveis para o consumidor;

- Flexibilidade sobre o tamanho da série dos produtos, visto que não é necessário demanda específica;
- Facilidade na organização das empresas produtoras dos componentes;
- Limitação dos custos de instalação através da criação de empresas especializadas na produção de cada tipo de componente;
- Liberdade na concepção de obras e projetos arquitetônicos, bem como, facilidade de manutenção nos modelos já executados.

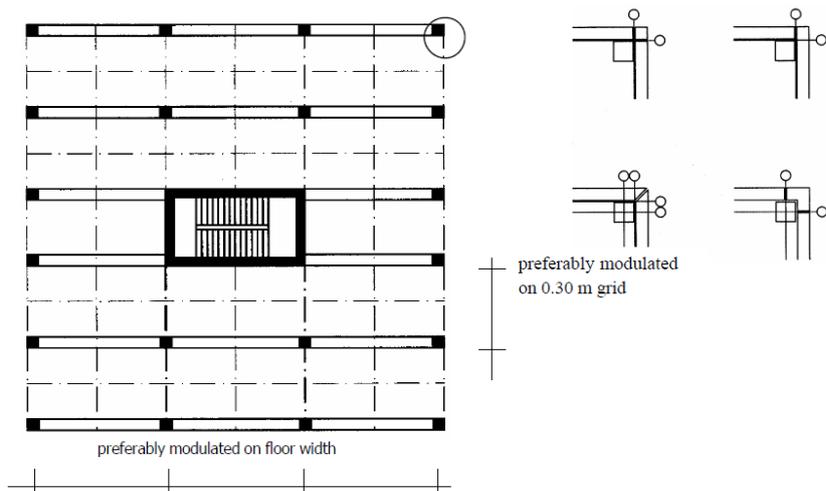
O sistema industrial aberto deu origem ao sistema fechado, porém é notório que o sistema aberto apresenta maior possibilidade de sucesso na construção industrializada. Contudo, esse sistema requer uma programação mais detalhada, conforme Ribeiro (2002), é fundamental uma coordenação operacional entre os participantes do processo da edificação.

Conforme Mandolesi (1981), a construção industrializada por sistema aberto caracteriza-se pela concepção de elementos construtivos por meio de procedimentos industrializados e de componentes coordenados modularmente, que sejam independentes de um tipo específico de edificação. A ferramenta necessária para agregar as necessidades das edificações com as possibilidades da indústria se chama coordenação modular e será vista no próximo tópico.

#### *2.4.3 Coordenação modular*

A coordenação modular é uma ferramenta que facilita e ordena as tecnologias e o processo industrial. De acordo com De Marco (2015), pode ser entendida como um sistema de medidas que permite relacionar as medidas do projeto com as modulares. Já Greven (2000), a define como sendo a ordenação dos espaços na construção civil. A finalidade do sistema modular é diminuir a variedade de medidas dos componentes, organizando as dimensões das construções, criando assim os módulos, que por sua vez evita a necessidade de cortes e retoques nos componentes. (Figura 12).

Figura 12 - Exemplo de Sistema Modular.



Fonte: Van Acker, (2002).

A coordenação modular não define um método construtivo específico, após as dimensões dos componentes serem definidas, por exemplo uma porta, os materiais e características usados podem ser diferentes, ou seja, pode-se utilizar madeira, alumínio, vidro, como também porta de correr ou normal, desde que, seja respeitado o tamanho já definido na coordenação modular. Isso se torna bastante benéfico também nas reformas e manutenções dos projetos.

De Marco (2015), aponta consequências positivas com relação ao processo construtivo da coordenação modular:

- Diminuição da quantidade de formatos de cada componente, além de sua normalização;
- Melhor comunicação entre fabricantes e executores;
- Menor chance de o projeto sofrer modificações na sua execução, apesar da quantidade de detalhes;
- Facilidade na execução da obra devido a racionalização da montagem e posição dos componentes;
- Melhora o processo de ampliação, manutenção e reposição das obras já construídas.

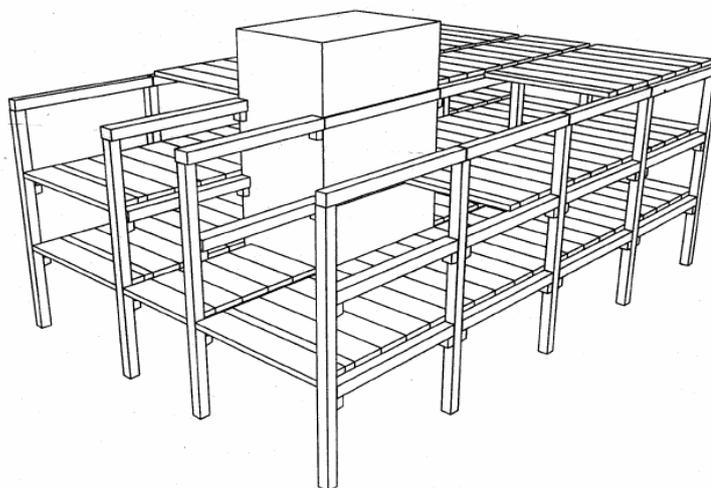
#### 2.4.4 Sistema estrutural

Na indústria dos pré-moldados, existem vários tipos de sistemas e técnicas que podem ser utilizados, inclusive de forma combinada em uma mesma edificação. Os principais sistemas serão apresentados a seguir.

##### 2.4.4.1 Sistema em esqueleto

Esse tipo de estrutura é geralmente utilizado em construções de escritórios, escolas, hospitais e estacionamentos, pois possui pequenos números de paredes de contraventamento (Figura 13). Para isso é utilizado pilares, vigas e lajes de vários tamanhos e formatos que podem ser combinados, formando o esqueleto da estrutura. Conforme Acker (2002), esses sistemas são ideais para construções que necessitam de alta flexibilidade na arquitetura, possibilitando grandes vãos para alcançar espaços abertos sem interferência de paredes.

Figura 13 - Estrutura Pré-moldada em Esqueleto.



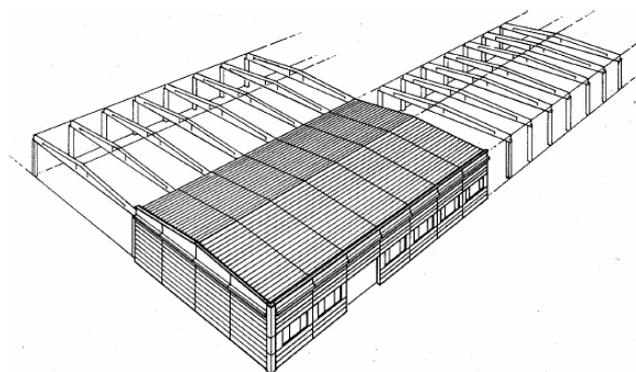
Fonte: Van Acker, (2002).

O sistema em esqueleto é independente dos demais sistemas como o hidráulico, elétrico e de fechamento, isso o torna mais adaptável a mudanças como novas funções e inovações técnicas.

#### 2.4.4.2 Sistema aporticado

O sistema aporticado é bem parecido com o de esqueleto, de acordo com Acker (2002), é constituído por pilares e vigas de fechamento, muito utilizado para construções de armazéns, centros comerciais e esportivos, dentre outras que necessitam de grandes vãos (Figura 14).

Figura 14 - Sistema de Estrutura Aporticada.

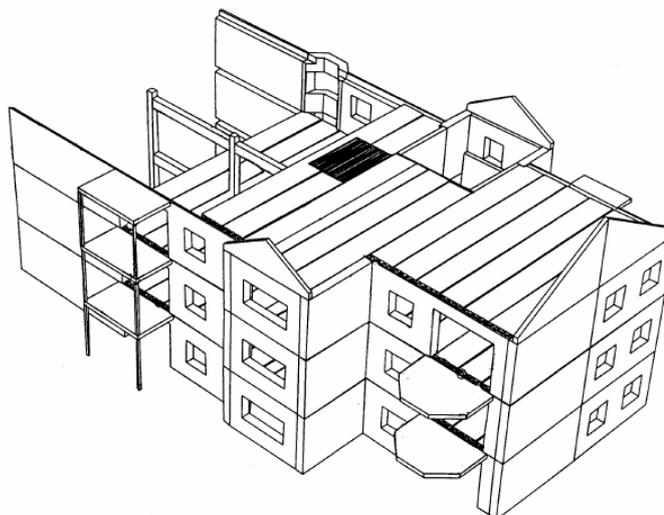


Fonte: Van Acker, (2002).

#### 2.4.4.3 Estrutura de painéis estruturais

Esse tipo de estrutura é constituído de painéis abertos e fechados, geralmente utilizado para construções residenciais e pequenos prédios pois, as paredes podem ser moldadas no local, além disso, a superfície é lisa e pode receber acabamento direto como tinta ou papel de parede (Figura 15). Conforme Acker (2002), esse sistema oferece vantagens como a rapidez na construção, isolamento acústico e resistência ao fogo. A arquitetura permite que o projeto seja criado de acordo com o gosto do cliente, sendo possível fazer alterações futuras de maneira econômica.

Figura 15 - Estrutura de Painel Combinada com Estrutura de Esqueleto.



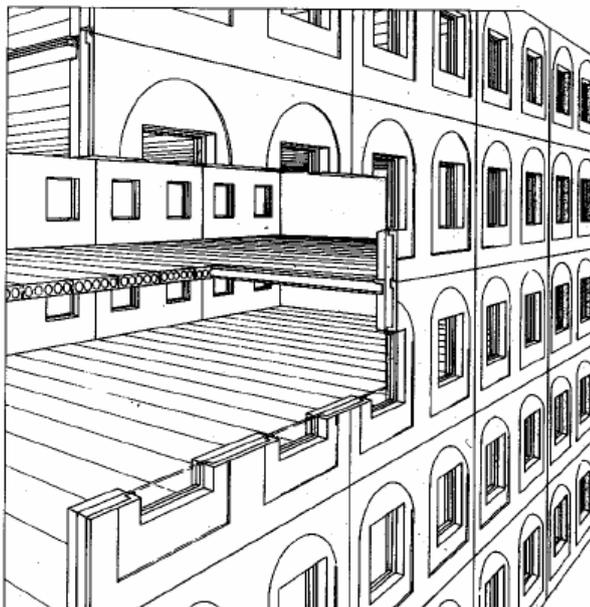
Fonte: Van Acker, (2002).

Esse sistema pode ser utilizado para qualquer tipo de construção, além disso é bastante econômico, pois dispensa a utilização de vigas para apoio e pilares nas bordas. “Outra vantagem dos painéis estruturais é o fato de que a construção fica protegida intensamente num estágio bastante inicial na obra” (IGLESIAS, 2006, p. 30).

#### 2.4.4.4 Fachadas de concreto

Conforme Acker (2002), as fachadas pré-fabricadas podem ser projetadas com elementos estruturais ou somente fechamento, podendo ser usadas para qualquer tipo de construção. As fachadas de carga suportam cargas verticais e de painéis superiores e são bastante econômicas já que não necessitam de pilares e vigas de apoio para o piso. Essas fachadas são mais utilizadas combinadas com estrutura de esqueleto (Figura 16).

Figura 16 - Vista Esquemática de um Edifício com Painéis Estruturais de Fachada e Compridos Painéis Para Piso.



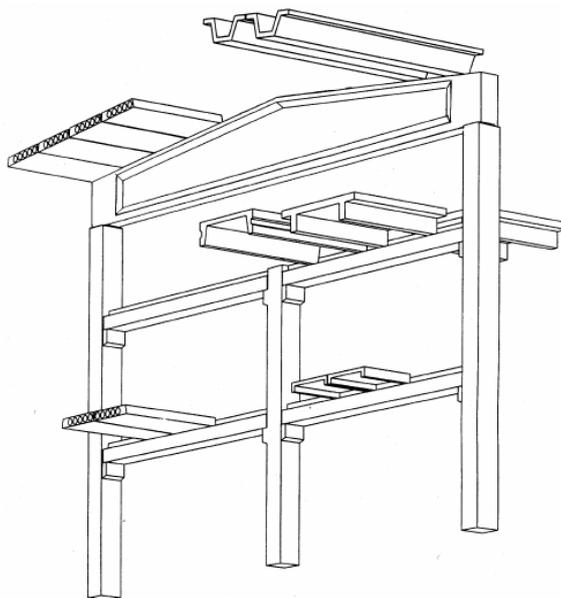
Fonte: Van Acker, (2002).

#### 2.4.4.5 Sistema pré-moldado para piso

Esse sistema pode ser utilizado em conjunto com todos os tipos de sistemas construtivos, não sendo exclusivo para estruturas pré-moldadas, como também combinado com outros materiais. É formado por vários tipos de elementos de lajes para fazer o piso, é apto para espalhar a carga concentrada e levar as forças para o sistema de contraventamento. Esse tipo de piso é considerado o mais antigo, e é disponibilizado em grande variedade, abaixo listados alguns deles:

- Painéis alveolares e protendidos;
- Sistema de painéis com nervura protendidos;
- Sistema de painéis maciços de concreto;
- Sistema de lajes mistas;
- Sistemas de lajes com vigotas pré-moldadas.

Figura 17 - Piso Pré-fabricado com Estrutura de Grande Vão.



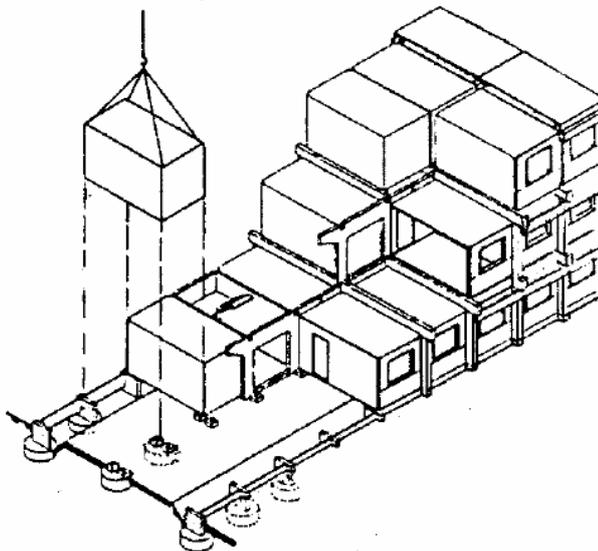
Fonte: Van Acker, (2002).

Conforme Acker (2002), as principais vantagens desse sistema são rapidez da construção, ausência de escoramento, diversidade de tipos, alta capacidade de vencer vãos e a sua economia (Figura 17).

#### 2.4.4.6 Sistemas celulares

Os sistemas celulares são formados por células de concreto pré-moldado sendo totalmente industrializados e podem ser montados completamente nas fábricas, muito utilizado para construções de banheiros, cozinhas, garagens, etc. (Figura 18). Apesar de ser benéfico pela facilidade e rapidez na fabricação, esse sistema também possui algumas desvantagens como a dificuldade no transporte e a pouca flexibilidade arquitetônica, conforme Sirtoli (2015).

Figura 18 - Esquema de Construção com Sistema Celular.



Fonte: Van Acker, (2002).

## 2.5 Método de fabricação do pré-moldado

Hoje é possível encontrar vários tipos e marcas de pré-moldado no mercado, onde cada produto tem suas características específicas, tais como: dimensão, material utilizado, carga suportada, etc. Em alguns casos também podem ser moldadas de acordo com a necessidade do cliente. Além disso, cada produto tem suas particularidades onde o cliente pode escolher o que melhor se adapta a obra que será construída.

Figura 19 - Peça de Pré-moldado Pronta.



Fonte: Tecnosil, (2018).

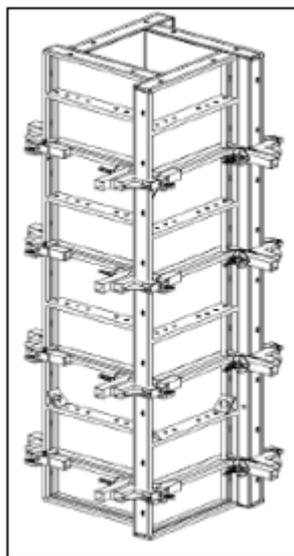
O processo de fabricação do pré-moldado consiste na colocação do concreto em um molde (forma) que depois é levado para um processo de cura em área controlada. Depois de pronto as peças são transportadas para o local de utilização (Figura 19).

### 2.5.1 Forma

Conforme Barros e Melhado (1998), a forma é o conjunto de componentes que tem como finalidade dar forma ao concreto, conter o concreto fresco e dar sustentação até sua resistência. Além disso essas formas necessitam apresentar requisitos e propriedades que atendam funções específicas conforme Iglesias (2006):

- Resistência mecânica a ruptura: permite a resistência da forma;
- Resistência a deformação: evitar que as peças fiquem em dimensões diferentes;
- Estanqueidade: evita o vazamento e permite o acabamento sem desperdício de material;
- Regularidade geométrica: permite que a peça tenha a configuração definida no projeto;
- Estabilidade dimensional: evita distorções na peça e assim inibi a possibilidade de ruptura;
- Correto posicionamento na armadura: possibilita que as formas tenham dimensões adequadas para correto posicionamento na armadura;
- Baixa aderência ao concreto: facilita o desmolde e permite acabamento superficial;
- Características do concreto: não deve interferir as características químicas do concreto;
- Segurança e economia: materiais resistentes e menos onerosos.

Figura 20 - Detalhe de uma Forma Para Pilar.



Fonte: Iglesias, (2006).

Os elementos utilizados nos sistemas de formas são formados por: moldes que tem a função de dar formato a peça; a estrutura que segura e bloqueia o molde e o escoramento que tem como finalidade apoiar e estruturar a forma. Conforme Barros e Melhado (1998), as formas podem ser constituídas de aço, alumínio ou madeira, podendo ser revestidas com chapas metálicas, plástico ou outro material (Figura 20).

### 2.5.2 Armações

Para preparação da armadura é necessário o corte dos fios e barras que são feitos através de talhadeiras, tesourões e máquinas de cortes. Conforme Barros e Melhado (1998), após a preparação dos cortes que devem ser feitos de acordo com o projeto é realizado as dobras. Essa etapa é geralmente realizada em uma bancada com pregos e pinos de aço com auxílio de ferramentas próprias. O próximo passo consiste na montagem das peças que são amarradas com arames (Figura 21).

Figura 21 - Preparo de Armaduras e Formas em Pré-moldado.



Fonte: Iglesias, (2006).

Quando as armaduras estão prontas e feito a montagem das formas, ou seja, a armadura é posicionada através de espaçadores que garante o posicionamento correto da armadura na forma.

### *2.5.3 Concretagem*

O concreto a ser utilizado pode ser preparado na obra ou em empresa especializada. Pode-se utilizar aditivos químicos com a finalidade de retardar ou acelerar a pega, além disso os aditivos também podem proporcionar melhora na trabalhabilidade e resistência, redução de calor de hidratação dentre outras de acordo com a necessidade. A aplicação deve ocorrer em camadas permitindo o adensamento.

Conforme Metha (1994), o concreto é um material moldável e de grande durabilidade. Possui peso específico sem armadura de  $2400 \text{ kg/m}^3$  e com armadura de  $2500 \text{ kg/m}^3$ . Não sofrem danos na estrutura devido a variação de temperatura ambiente. As variações de condutividade térmica dependem das características dos agregados e do seu tipo, além disso varia de acordo com a umidade, temperatura e massa específica.

#### 2.5.4 Cura e desforma das peças

Conforme Barros e Melhado (1998), o tempo de cura deve ser respeitado e cada peça tem seu tempo específico. Para desforma os seguintes procedimentos devem ser seguidos:

- Cumprir o tempo de cura antes da desforma;
- Retirar os painéis de maneira correta para que não tenha quebra de peças;
- Limpar os painéis;
- Fazer verificação de peças deformadas.

#### 2.6 Ecoeficiência

A sustentabilidade é um ponto de grande preocupação na construção civil. A ecoeficiência é uma medida que busca um futuro sustentável, através de produtos e processos que satisfazem as necessidades humanas, agregando qualidade de vida e reduzindo os impactos ambientais. Segundo Sisino (2005), as empresas ecoeficientes são as que conseguem benefícios econômicos à medida que atingem benefícios ambientais, somando no processo gerencial a ideia de prevenção da poluição e riscos ocupacionais.

O conceito de ecoeficiência ainda vem sendo aplicado de forma gradativa na construção civil, porém o mercado oferece uma vasta opção de recursos sustentáveis, inclusive no processo construtivo em pré-moldados. Além disso, o consumidor final está cada vez mais exigente com relação obras ecoeficientes, visando a economia através de recursos como captação de água de chuva e de energia solar por meio de painéis fotovoltaicos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Tipos de pesquisa

Os tipos de pesquisa são classificados em básica e aplicada. De acordo com Gil (2008), a pesquisa básica deve ser motivada pela curiosidade e suas descobertas devem ser divulgadas para a comunidade, possibilitando a transmissão e o debate de conhecimento. Já a pesquisa aplicada segundo Andrade (2017), visa aplicações práticas no objetivo de entender as exigências da vida moderna, ou seja, visa soluções imediatas ao problema encontrado.

A pesquisa foi classificada como básica, pois, o intuito era apresentar algumas vantagens e desvantagens do pré-moldado, demonstrando o quanto pode ser viável a construção através deste sistema construtivo com base em pesquisas já realizadas sobre esse tema. Além disso, agregar conhecimento a quem se interessar e facilitar na tomada de decisão entre qual deles utilizar.

#### 3.2 Natureza da pesquisa

Entende-se por natureza de pesquisa as formas qualitativas e quantitativas. A natureza qualitativa, segundo Moresi (2005), é a interpretação dos fenômenos e atribuições de significado básico e não podem ser trazidas em números. Já a quantitativa, segundo o mesmo autor, considera que tudo pode ser quantificável, ou seja, através de números é possível traduzir opiniões para analisar e classificar as informações.

Levando em consideração que o estudo apresentado baseou-se na técnica construtiva de pré-moldado, a natureza foi qualitativa. Para conclusão dessa pesquisa houve um estudo baseado em teses acadêmicas, com o intuito de apresentar além das vantagens e desvantagens, o tempo gasto entre ambas as técnicas.

#### 3.3 Pesquisa quanto aos fins

A finalidade da pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva, explicativa e intervencionista. Entende-se por exploratória segundo Rovero (2000), a pesquisa que é desenvolvida com a finalidade de proporcionar uma visão geral de um

determinado fato, geralmente utilizada no caso de temas pouco explorados, tornando difícil a sua construção. A pesquisa descritiva de acordo com Moresi (2005), busca descrever as características de determinada população ou determinado fenômeno, suas particularidades estão na padronização para coleta de dados. A pesquisa explicativa, segundo Gil (2008), tem como finalidade identificar os fatores que determinam ou contribuem para determinado fenômeno, ou seja, aprofundar conhecimento pois, justifica os motivos do fato ter ocorrido. Na pesquisa intervencionista Moresi (2005), explica que o principal objetivo é interferir na realidade estudada.

Para este estudo aplicou-se a pesquisa descritiva e explicativa pois, foi exposto as características e funcionalidades do sistema pré-moldado. Para isso, realizou-se um estudo sobre essa técnica construtiva com a finalidade de torná-la mais conhecida é aplicável, bem como tratar as oportunidades de melhoria no processo de construção, a fim de aperfeiçoá-la o máximo possível.

### 3.4 Pesquisa quanto aos meios

Podem ser classificados como bibliográfica, documental, experimental, estudo de caso, dentre outros. De acordo com Rovey (2000), a pesquisa bibliográfica consiste em apresentar e comentar o que outros autores escreveram sobre a temática, apontando as diferenças e semelhanças que existem entre os conceitos, o material consiste em livros, jornais, revistas e artigos científicos de fácil acesso. A pesquisa documental é bem parecida com a bibliográfica, o diferencial é a natureza da fonte, pois estes ainda não receberam tratamento analítico. Segundo Moresi (2005), é executada com base nos documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados, ou com pessoas como: registros, regulamentos, memorandos, circulares, filmes, dentre outros. A pesquisa experimental, conforme explica Gil (2008), é quando se determina um objeto de estudo, selecionando as variáveis capazes de influenciar tal e define formas e controle de observação dos efeitos que a variável pode produzir no objeto. De acordo com Yin (2001), o estudo de caso é uma pesquisa que compreende e engloba métodos abrangentes com coleta e análise de dados.

Essa pesquisa se baseou em bibliográfica, pois foi realizado um estudo com base em pesquisas acadêmicas, artigos, dentre outros sobre o pré-moldado. Para

tanto, foi possível conhecer melhor essa técnica e demonstrar suas vantagens e desvantagens.

### 3.5 Universo e amostra

A pesquisa pode ser classificada quanto universo e amostra. O universo é definido por Silva, Menezes (2001), como o número de indivíduos que possuem as mesmas características definidas para um determinado caso. Já a amostra, conforme Vergara (1997), é uma parte do universo escolhido e indicado a partir de um critério de representatividade.

O universo definido para essa pesquisa foi o estudo dos sistemas construtivos em pré-moldado utilizados no Brasil.

### 3.6 Organização

A pesquisa sobre o pré-moldado foi realizada com base nos estudos acadêmicos, teses, livros e sites disponíveis que citam essa técnica e suas particularidades. Focado nas vantagens que a sua utilização pode proporcionar perante os demais sistemas construtivos. O pré-moldado tem como objetivo otimizar o processo construtivo e proporcionar economia e rapidez na execução de um projeto.

### 3.7 Coleta e análise de dados

Para coleta de dados deste trabalho foram pesquisados no Google Acadêmico artigos acadêmicos, teses, dissertações, livros e sites que abordam o histórico, bem como o processo de construção no Brasil. Para análise dos dados, foi realizado um estudo sobre algumas vantagens de utilização do pré-moldado, suas características bem como o processo de fabricação, que foram apontadas e apresentados nesta pesquisa.

### 3.8 Limitações

Devido ao isolamento social causado pela pandemia da Covid-19, ficou inviável a visita em alguns locais que seriam importantes para agregar a pesquisa.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldado

Como todo produto, o pré-moldado tem suas vantagens e desvantagens que serão apresentadas nos tópicos a seguir.

#### 4.1.1 Vantagens

São várias vantagens de se utilizar o sistema pré-moldado, essas vantagens também variam bastante de acordo com o tipo que será aplicado, visto a vasta opção existente hoje no mercado.

##### 4.1.1.1 Facilidade de transporte

O transporte de insumos utilizados no sistema pré-moldado, é um item muito importante para o bom andamento de uma obra. Diante disso, a gestão de logística segundo Santos (2018), deve ser bem planejada para que o transporte não prejudique o processo produtivo e conseqüentemente o andamento da obra. As peças pré-moldadas geralmente possuem dimensões já definidas e o transporte é realizado com maior facilidade, sendo possível utilizar caminhões comuns cujo comprimento seja igual, ou superior a peça transportada. Onde as peças são pequenas a carga e descarga do material não necessita de maquinário específico, permitindo ser realizado inclusive manualmente.

Conforme Mamede (2001), nos casos de peças pré-moldadas de grandes dimensões e peso elevado, pode-se levar em consideração o transporte e movimentação através de autogruas, guias de torre, guindastes acoplados a caminhões convencionais (caminhões munck), dentre outros. Em casos em que o transporte das peças é inviável devido a logística, alguns tipos de pré-moldados podem ser produzidos no próprio canteiro de obras, otimizando tempo, já que a fabricação das peças pode acontecer simultaneamente com outros processos como a terraplanagem e a fundação.

#### 4.1.1.2 Acabamento

Alguns materiais no mercado da construção possuem a superfície lisa, essa característica é bastante vantajosa pois não é necessário a aplicação de chapisco, emboço e nem de reboco, conforme cita Moraes (2018). O acabamento pode ser aplicado diretamente na superfície da peça pré-moldada e aceita qualquer tipo como: argamassa, cerâmica, massa corrida, gesso, pinturas, dentre outras.

Figura 22 - Acabamento no Premodulo.



Fonte: Premodulo Soluções Construtivas, (s.d.).

Na Figura 22 pode-se observar a aplicação de gesso diretamente na peça de pré-moldado, devido a sua superfície lisa.

#### 4.1.1.3 Redução de custos

A otimização do tempo de execução de um projeto é a maior vantagem para a utilização do pré-moldado, principalmente quando há a padronização das peças, possibilitando que a obra seja realizada com mais agilidade, reduzindo o custo e melhorando a logística na obra. Na maioria dos casos, vale salientar a redução de profissionais e frentes de trabalho nos canteiros de obras, conforme cita Acker (2002).

Como a quantidade de peças pré-moldadas são definidas de acordo com a necessidade, a perda de materiais se torna praticamente inexistentes. Em pontos onde é necessário algum corte, é possível que a parte que até então seria descartada, possa ser utilizada em outros locais e até mesmo em alguma decoração. Todos esses aspectos podem ser somados como economia no final do projeto.

#### *4.1.1.4 Redução na geração de resíduos*

Conforme Sotomayor (2017) em geral, uma das principais características do método construtivo pré-moldado é justamente o fato de não gerar muitos resíduos, pois na maioria dos casos, as peças são ajustadas e encaixadas, dispensando assim a carpintaria e outros métodos de escoramento que demandam mais mão de obra. A utilização de pré-moldados, em geral diminui os canteiros de obras, facilitando a organização e possibilitando uma obra mais limpa do ponto de vista físico e visual do terreno. Outro ponto relevante é a possibilidade de reaproveitamento de alguns elementos, no caso de demolição por exemplo, as peças em pré-moldados podem ser removidas inteiras e dependendo da condição, podem ser reaproveitadas em outro local.

#### *4.1.1.5 Ecoeficiência*

Hoje em dia, as instituições governamentais têm se preocupado cada vez mais com impactos ambientais gerados com o crescimento das metrópoles e com isso, é muito importante que as construtoras também se adequem para que haja menor impacto e maior equilíbrio ambiental. O pré-moldado é uma técnica construtiva que contribui para ecoeficiência e isso se deve a medidas que esse sistema utiliza. Dentre elas podemos citar a diminuição dos resíduos e rejeitos gerados em uma obra comparado a de alvenaria convencional, visto que as peças já são entregues prontas para serem instaladas. Outro elemento relevante que o sistema permite é a rapidez na execução do projeto que acarreta maior economia, devido ao menor tempo empregado na realização da obra e conseqüentemente a redução de impactos aos arredores, conforme Moraes (2018).

Pensando em economia e automaticamente meio ambiente, o pré-moldado também permite a utilização de placas solares e sistema de captação de água de chuva. Ambos altamente viáveis, tanto para o meio ambiente, onde a água de chuva pode ser reaproveitada no próprio terreno para outros fins, quanto para economia no gasto com energia elétrica.

Conforme Iglesias (2006), alguns materiais de pré-moldado existentes no mercado são fabricados com matéria prima que possui capacidade térmica, que possibilita que o ambiente se mantenha em temperatura apropriada, isso reduz a

utilização ou até mesmo a eliminação da necessidade de aparelhos de ar-condicionado, que além de gerar economia também melhora a qualidade no interior do imóvel.

#### *4.1.1.6 Instalação hidráulica e elétrica*

Alguns pré-moldados se tornam vantajosos devido a facilidade na passagem de tubulação, o que dispensa a necessidade de *shafts*. Essa característica facilita muito a construção e permite que manutenções e ou alterações futuras possam ser realizadas sem grandes complicações.

#### *4.1.2 Desvantagens*

Como toda construção o pré-moldado também possui desvantagens, que serão abordados nos próximos subtópicos.

##### *4.1.2.1 Limitação*

A construção em pré-moldado por vezes se torna inviável, quando o projeto inicial possui formas mais complexas, cujas peças não conseguem se conformarem. Visto que no mercado é difícil encontrar materiais com essas geometrias, o que torna o processo industrial muito minucioso e especializado. Outro ponto a ser considerado, conforme Senden (2015), é o acesso devido as características dos materiais transportados, ou seja, caso o local da construção seja distante de um centro de distribuição, ou de difícil acesso, o transporte se torna mais complexo, o que aumentaria consideravelmente o custo da operação.

##### *4.1.2.2 Mão de obra especializada*

Apesar de não ser necessário uma grande quantidade de funcionários para esse tipo de construção é essencial que se tenha mão de obra especializada, tanto na fabricação quanto na instalação das peças, conforme cita Senden (2015). Isso facilita a condução do projeto, devido a especificidades das suas técnicas e permite a garantia e o andamento adequado da obra.

#### 4.1.3 Comparativo entre as vantagens e desvantagens do uso do pré-moldado

O resumo das vantagens e desvantagens do Pré-moldado podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1- Resumo das vantagens e desvantagens do pré-moldado.

<b>PRÉ-MOLDADO</b>	
<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Facilidade no transporte	Limitação de construção com formas geométricas complexas
Rapidez na execução da obra	Necessidade de mão de obra especializada
Admite vários tipos de acabamento	Maior investimento inicial
Melhor controle e redução de custos e resíduos	Acesso e logística para obra
Melhor ecoeficiência	Necessidade de planejamento e compatibilização do projeto
Facilidade na instalação elétrica e hidráulica	
Menor tempo de retorno do investimento	
Bom resultado estético	
Redução de mão de obra e ociosidade	
Integração de outros sistemas construtivos	
Possibilidade de ampliação futura	
Possibilidade de desmontagem e aproveitamento das peças	
Baixo custo de manutenção	
Possibilidade de construção de vãos livres maiores	

Fonte: Autoria Própria, (2021).

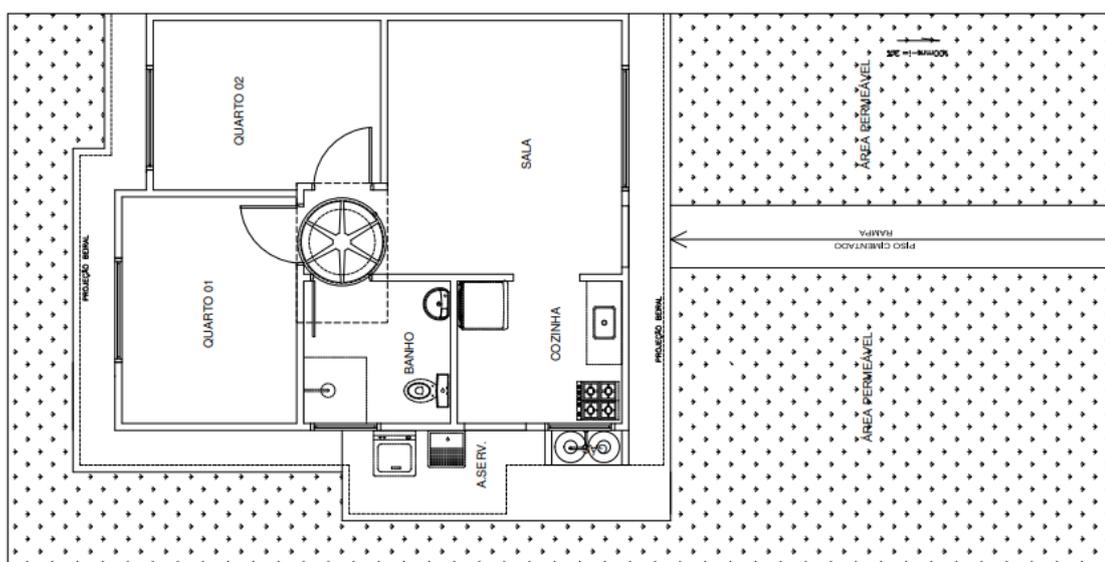
Conforme demonstrado na tabela acima, é possível observar que o pré-moldado apresenta várias vantagens que torna essa técnica viável como método construtivo, sendo um diferencial na tomada de decisões de investidores e construtoras.

## 4.2 Comparação de custos de uma construção utilizando alvenaria convencional e outra construída em sistema pré-moldado

Conforme Moraes (2018), para poder comparar os custos entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e pré-moldado, foram levantados os quantitativos de materiais e serviços utilizados na execução da obra. A partir desses levantamentos, foram geradas planilhas de custos para cada sistema construtivo.

O comparativo de custos foi baseado em um projeto de uma unidade habitacional de 42,95m<sup>2</sup> (Figura 23).

Figura 23 - Planta Baixa da Unidade Habitacional.



Fonte: Moraes, (2018).

Conforme Moraes (2018) nos dados apresentados, observa-se que nas paredes de concreto o sistema de pré-moldado possui um custo de 80% maior com relação ao sistema convencional, devido ao valor dos blocos cerâmicos ser inferior ao custo da parede pré-moldada. Em contrapartida os valores com vigas e pilares no sistema de alvenaria convencional mostrou um custo de 30% do valor total da obra, isso se deve ao fato das paredes pré-moldadas serem responsáveis por receber as cargas, sendo assim não possui a necessidade de construção de vigas e pilares e conseqüentemente não gera nenhum custo. A etapa de acabamento apresentou um custo 70% maior na alvenaria convencional, devido a necessidade de chapisco, emboço e reboco antes de revestimento cerâmico, que comparado ao pré-moldado

não se faz necessário, sendo possível a aplicação direta do revestimento, conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Comparativo de custos.

ITENS	Paredes de Concreto	Alvenaria Convencional
<b>Paredes</b>	R\$ 7.215,01	R\$ 2.556,86
<b>Fundação e Laje</b>	R\$ 4.378,81	R\$ 4.671,69
<b>Vigas e Pilares</b>	-	R\$ 18.489,43
<b>Esquadrias</b>	R\$ 6.475,36	R\$ 6.475,35
<b>Revestimento</b>	R\$ 1.863,36	R\$ 7.878,57
<b>Pavimentação</b>	R\$ 3.313,89	R\$ 3.286,73
<b>Pintura</b>	R\$ 4.108,97	R\$ 4.220,26
<b>Cobertura</b>	R\$ 4.513,84	R\$ 4.513,84
<b>Instalações hidráulicas e sanitárias</b>	R\$ 3.134,93	R\$ 3.134,93
<b>Instalações elétricas, tomadas e iluminações</b>	R\$ 6.972,48	R\$ 6.972,48
<b>Serviços Finais</b>	R\$ 378,00	R\$ 378,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 42.354,65</b>	<b>R\$ 61.180,12</b>

Fonte: Moraes, (2018).

Ainda conforme Moraes (2018), as demais etapas do processo construtivo não apresentaram alterações entre os sistemas, que podem ser observados na Tabela 3 com os dados de custo por metro quadrado.

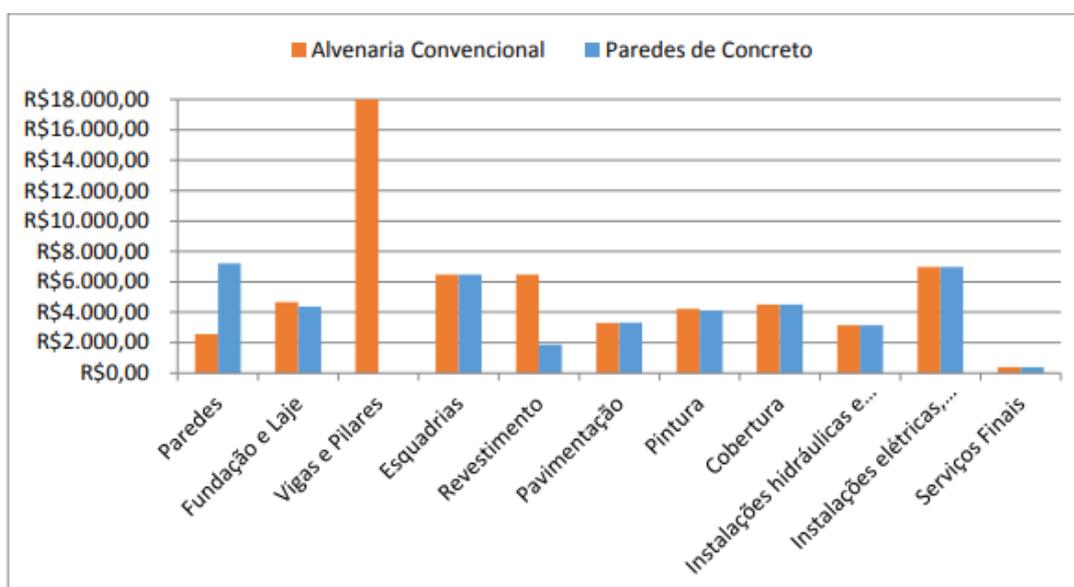
Tabela 3 - Custos por metro quadrado.

ITENS	Paredes de Concreto	Alvenaria Convencional
Paredes	R\$ 167,99	R\$ 59,53
Fundação e Laje	R\$ 101,95	R\$ 108,77
Vigas e Pilares	-	R\$ 430,49
Esquadrias	R\$ 150,77	R\$ 150,76
Revestimento	R\$ 43,38	R\$ 183,44
Pavimentação	R\$ 77,16	R\$ 76,52
Pintura	R\$ 95,67	R\$ 98,26
Cobertura	R\$ 105,10	R\$ 105,10
Instalações hidráulicas e sanitárias	R\$ 72,99	R\$ 72,99
Instalações elétricas, tomadas e iluminações	R\$ 162,34	R\$ 162,34
Serviços Finais	R\$ 8,80	R\$ 8,80
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 986,14</b>	<b>R\$ 1424,45</b>

Fonte: Moraes, (2018).

Na Figura 24, Moraes (2018) também demonstra que o maior custo no processo de construção do pré moldado é referente as paredes. No sistema convencional a fundação apresenta pouca diferença, já as etapas de pilares/vigas e revestimentos apresentam uma diferença de custo extremamente maior comparado ao de pré-moldado. As demais se mantem iguais, pois os processos são parecidos.

Figura 24 - Diagrama de Comparativo de Custos.



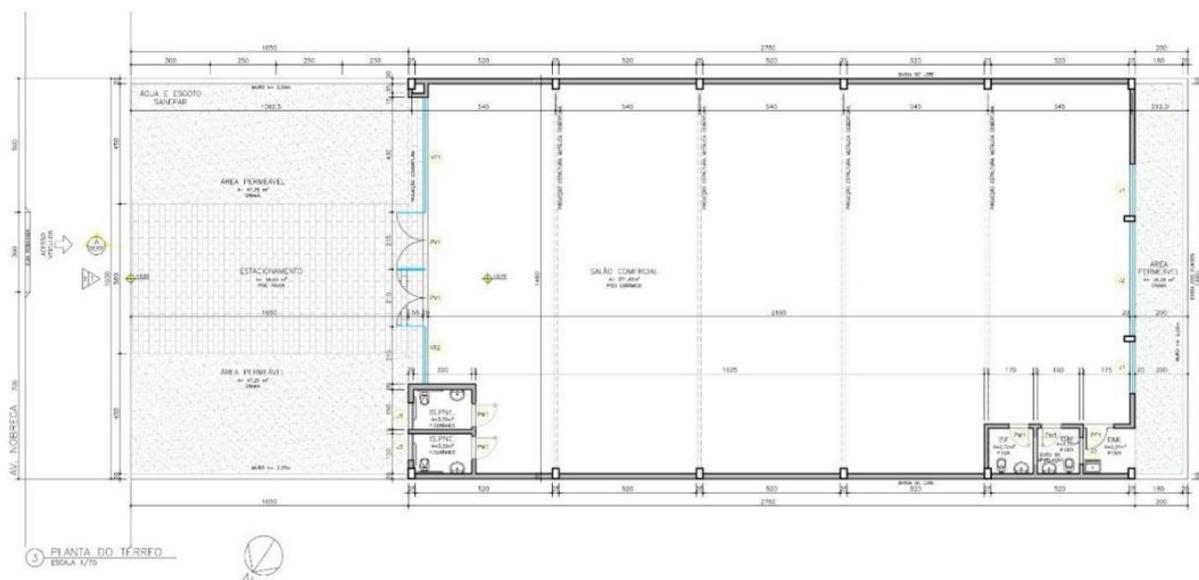
Fonte: Moraes, (2018).

Diante dos dados apresentados por Moraes (2018), pode-se concluir que no processo final de obra da unidade habitacional, os custos no sistema pré-moldado são menores se comparado ao sistema convencional. Isso demonstra que a utilização desse sistema construtivo pode ser bastante viável economicamente para construtoras e investidores.

#### 4.3 Comparação de prazos de execução entre uma obra utilizando alvenaria convencional e outra em sistema pré-moldado

O indicador de previsão da construção é obtido através da quantidade de horas aplicadas com mão de obra em cada etapa do processo de infraestrutura e através desses dados se tem o tempo gasto para conclusão da obra. Os dados utilizados por Machado (2018), se referem a um projeto arquitetônico de um galpão comercial de 412,50m<sup>2</sup> que possui: quatro banheiros, um depósito de material além da área comercial (Figura 25).

Figura 25 - Planta Arquitetônica do Galpão.



Fonte: Machado, (2018).

Com base nos dados da pesquisa realizada por Machado (2018), para construção do galpão na alvenaria convencional, foram consideradas duas equipes de oficial e duas equipes de serventes como ideal para realização dos serviços. Isso se deve pelo fato que, o sistema convencional necessita respeitar o tempo de cura do

concreto, como também os períodos adequados de escoramento das vigas. O demonstrativo de prazo será apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tempo de execução dos serviços para alvenaria convencional.

ITEM	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QUANTIDADE	INDICE TCPO	QUANTIDADE TOTAL
VIGAS BALDRAMES E BLOCOS	VIGA BALDRAME ESCAVAÇÃO (profundidade até 2m)	m <sup>3</sup>	10,92		
	Servente	h		4,00	43,68
	LASTRO DE BRITA (apiloado com maço de ate 30kg)	m <sup>3</sup>	1,04		
	Servente	h		2,50	2,60
	FORMA PARA VIGA BALDRAME E BLOCOS (incluso montagem e desmontagem)	m <sup>2</sup>	100,00		
	Servente	h		0,39	39,00
	Oficial	h		1,562	156,20
	ARMADURA (aço para vigas)	kg	677,50		
	Servente	h		0,093	63,01
	Oficial	h		0,093	63,01
	TRANSPORTE (lançamento, adens., acab., concreto e fundação)	m <sup>3</sup>	9,30		
	Servente	h		1,65	15,35
	Oficial	h		3,00	27,90
	IPERMEABILIZAÇÃO (alicerce)	m	78,00		
	Servente	h		0,40	31,20
	REATERRO MANUAL (vala)	m <sup>3</sup>	5,46		
Servente	h		0,45	2,46	
PILARES	FORMA DE MADEIRA PARA PILAR (incluindo montagem e desmontagem)	m <sup>2</sup>	116,00		
	Servente	h		0,28	32,48
	Oficial	h		1,13	131,08
	ARMADURA (aço para pilar)	kg	815,00		
	Servente	h		0,093	75,80
	Oficial	h		0,093	75,80
	CONCRETO, TRANSPORTE (lançamento, adens., acab., concreto em fund.)	m <sup>3</sup>	7,10		
	Servente	h		1,65	11,715
Oficial	h		3,00	21,30	
VIGAS INTERMEDIÁRIAS E SUPERIORES	FORMAS DE MADEIRA PARA VIGAS INTERMEDIÁRIAS E SUPERIORES	m <sup>2</sup>	218,00		
	Servente	h		0,28	61,04
	Oficial	h		1,13	246,34
	ARMADURA (aço para vigas)	kg	873,20		
	Servente	h		0,093	81,21
	Oficial	h		0,093	81,21
	TRANSPORTE (lançamento, adens., acab., concreto e fundação)	m <sup>3</sup>	15,40		
	Servente	h		1,65	25,41
Oficial	h		3,00	46,20	
ITEM			HORAS	2 EQUIPES	DIAS
Total de horas serventes			527,87	263,93	32,99
Total de horas oficial			806,10	403,05	50,38

Fonte: Adaptado de Machado, (2018).

Na estrutura de pré-moldado, Machado (2018), demonstrou que para construção do mesmo projeto, seria necessária uma equipe de oficial e uma equipe de servente e ainda um operador de guincho para movimentação das peças, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Tempo de execução dos serviços para estrutura pré-moldada.

<b>FABRICAÇÃO</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (m)</b>	<b>Dias p/ Produzir Considerando 4 Formas de 18 metros</b>	<b>Dias</b>
Pilares	123,62	1,7	2
Vigas Baldrame	101,96	1,4	2
Vigas Intermediárias 01	82,85	1,2	1
Vigas Intermediárias 02	54,67	0,8	1
Vigas Superiores	80,2	1,1	1
<b>MONTAGEM</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade (m³)</b>	<b>Dias p/ montar utilizando 1 servente e 1 Oficial + guincho</b>	<b>Dias</b>
Pilares	7,1	2,4	3
Vigas Baldrame	9,3	3,1	3
Vigas Intermediárias 01	5,4	1,8	2
Vigas Intermediárias 02	4,8	1,6	2
Vigas Superiores	5,2	1,7	2
<b>RESUMO GERAL</b>			
<b>Descrição</b>		<b>Dias</b>	
Pilares		5	
Vigas Baldrame		5	
Vigas Intermediárias 01		3	
Vigas Intermediárias 02		3	
Vigas Superiores		3	
<b>TOTAL</b>		<b>19</b>	

Fonte: Machado, (2018).

Diante dos dados demonstrados é possível observar uma diferença de aproximadamente 31 dias no tempo de execução entre os sistemas construtivos. O sistema de pré-moldado necessita de 19 dias para fabricação e montagem da estrutura, utilizando uma equipe (oficial, servente e operador de guincho), comparado ao sistema de alvenaria convencional no qual são necessários mais de 50 dias para execução, utilizando duas equipes (oficial e servente). Com isso, pode-se estimar que o sistema de pré-moldado permite uma economia de 62% a menos comparado ao sistema convencional.

A pesquisa se baseou apenas na etapa construtiva da estrutura, já que na fase de acabamentos os dias gastos são similares. Essa economia considerável no tempo de execução de um projeto que antecipa a entrega da obra em 31 dias, é um fator relevante na escolha do sistema construtivo empregado, conforme citado por Machado (2018).

## 5 CONCLUSÃO

Por meio da análise dos resultados obtidos e demais pontos levantados chega-se a algumas conclusões que serão elencadas conforme avaliação dos objetivos propostos nesta pesquisa.

O objetivo geral deste estudo foi alcançado, pois quando o assunto se trata de vantagens de utilização do pré-moldado, pode-se concluir que elas superam as desvantagens, se tornando uma técnica bastante benéfica. Com o pré-moldado é possível executar uma obra agregando outras técnicas construtivas, ou seja, de forma híbrida, bem como permite a facilidade de realizar adequações, quando necessário. Como o pré-moldado é desenvolvido através de um processo padronizado, o controle de qualidade e inspeção realizada na fabricação das peças, possibilita que o produto acabado seja de maior qualidade e possua maior durabilidade.

Com relação aos custos, a técnica se mostrou bem econômica de acordo com os dados apresentados. Além disso, observa-se uma redução na quantidade de material utilizado, como exemplo as escoras que são necessárias no sistema convencional e no pré-moldado não. A diminuição de resíduos e mão de obra também é relevante, visto que diminui as frentes de trabalho e os canteiros, proporcionando uma obra mais limpa e econômica.

No que se refere ao prazo de execução, a construção pode chegar a ser 62% mais rápida se comparada ao processo de alvenaria convencional. Isso é possível pois, com o pré-moldado não é necessário esperar pelo tempo de cura do concreto e escoramento das vigas, as peças chegam prontas para serem instaladas tornando o prazo de execução significativamente menor.

O mercado da construção civil está cada vez mais amplo com relação a técnicas construtivas. Pode-se dizer que o pré-moldado é bem diversificado, o mercado hoje oferece vários tipos, tanto em materiais quanto em métodos construtivos, cada um possui suas particularidades que o consumidor pode optar pela que mais se adequa às suas necessidades.

A fim de aperfeiçoar ainda mais os estudos e tendo em vista a grande variedade de pré-moldados existentes, como sugestão para estudos futuros, a realização de uma pesquisa mais aprofundada sobre os tipos que visam a ecoeficiência, ou seja,

obras que possibilitam agregar redução de custos produtivos, melhor conforto e eficiência energética.

## 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: **Componentes cerâmico – Blocos e tijolos para alvenaria**. Rio de Janeiro, 2017.

ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. 2002.

ANDRADE, Maria Margarida de **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**, 10, ed. São Paulo: Atlas. 2017

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **Edifício e seu Acabamento**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 2004

BASTOS, Paulo S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil.

BANCO DE OBRAS – ALVENARIA ESTRUTURAL. **Comunidade da Construção**, s.d. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural>> Acesso em: 11 mai. 2021

BORGES, Alberto de Campos. **Prática das pequenas construções**, volume I. Alberto de Campos Borges. – 9. ed. rev. e ampl. Por José Simão Neto, Walter Costa Filho. – São Paulo: Blucher, 2009.

BRUNA, Paulo J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976. 307p.

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x light steel frame**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

CASTRO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados. Light steel framing**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CONDOMÍNIO CONDOMINIUM CLUB IBIRAPUERA. **Loft**, s.d. Disponível em: <<https://loft.com.br/condominio/condominium-club-ibirapuera-moema-indios-sao-paulo-sp/1t2vi2j>> Acesso em: 11 mai. 2021

COSTA, Luiz Fernando; PEREIRA, Fernando. **Análise das cargas em um edifício de concreto armado, quando comparado a utilização de paredes de vedação interna de alvenaria convencional e Drywall**. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

DE BARROS, Mercia Maria S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** 1998.

DE MARCO, Marina Drummond. **Industrialização na construção civil pré-fabricados em concreto armado.** 2015

E.A. O que é alvenaria? E quais são os tipos? **Entenda Antes**, 2020. Disponível em: <<https://www.entendaantes.com.br>> Acesso em: 12 mai. 2021

GARCIA, Bruno Rafael Godoi et al. **Alvenaria estrutural, sistemas construtivos e suas diferenças para a alvenaria convencional.** Revista Engenharia em Ação UniToledo, v. 4, n. 1, 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008

GREVEN. H. A. **Coordenação Modular.** In: GREVEN. H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I.** Porto Alegre: Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

IGLESIA, TIAGO BORGES. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado.** Universidade Anhembi Morumbi-São Paulo-2006, 2006.

MACHADO, Paulo Rogerio Carreira; CARREIRA, Manoel Francisco. **Comparação de indicadores entre execução de construção de um barracão em estrutura pré-moldada e convencional.** Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, 2018.

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2001.

MANDOLESI, Enrico. Edificación. **El proceso de edificación. La edificación industrializada. La edificación del futuro** - Ediciones CEAC / Barcelona, España, 1981.

MEHTA, Povindar Kumar; Monteiro, Paulo J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994

MILITO, José Antonio. **Técnica de construção civil,** São Paulo. 2009

MORAES, Bruna Demétrio et al. **Comparação de custos de unidades habitacionais de interesse social produzidas por sistemas construtivos convencional e paredes de concreto.** 2018.

MORESI, Eduardo Amadeu Dutra; ALCANTARA, A.; PRADO, H. A. **Cenários prospectivos, monitoração ambiental e metadados.** In: Congresso Anual de Tecnologia da Informação (CATI). São Paulo: FGV-EAESP, 2005.

MOREIRA, Renato Barbosa et al. **Estudo da ligação de vigotas pré-moldadas protendidas com concreto moldado no local em lajes nervuradas.** 2016.

QUEIROZ, Letícia Pereira de et al. **Análise dos sistemas construtivos de concreto pré-fabricados e moldados in loco.** 2018.

OLIVEIRA, L.A. (2002). **Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas e edifícios.** 191p. Dissertação de mestrado – Escola Politecnica. Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, Gustavo V. **Análise Comparativa Entre O Sistema Construtivo Em Light Steel Framing E O Sistema Construtivo Tradicionalmente Empregado No Nordeste Do Brasil Aplicados Na Construção De Casas Populares.** 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. 2012

O PRODUTO. **Premodulo soluções construtivas**, s.d. Disponível em: <<https://premodulo.com.br/produto/>> Acesso em: 22 ago. 2021

O QUE SÃO PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO E QUAL A DIFERENÇA COM OS PRÉ-FABRICADOS. **Tecnosil**, 2018. Disponível em: <<https://www.tecnosilbr.com.br/o-que-sao-pre-moldados-de-concreto-e-qual-a-diferenca-com-os-pre-fabricados/>> Acesso em: 18 ago. 2021

PACHECO, Wilson. **CONSTRUINDO O FUTURO DE OLHO NO PASSADO: A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL. Obra Prima**, 2020. Disponível em: <<https://blog.obraprimaweb.com.br/a-historia-da-construcao-civil-no-brasil/>> Acesso em: 7 abril. 2021

PAGOTO, Marcos Vinícius; CAMICIA, Rodrigo Junior da Motta. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos entre estruturas pré-fabricadas e moldadas in loco.** 2013.

PEREIRA, Caio. **O que é Alvenaria?** Escola Engenharia, 2017

PEREIRA, Caio. **O QUE É RADIER? Escola de Engenharia**, 2019. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/radier/>> Acesso em: 12 mai. 2021

POZZOBON, Cristina Eliza. **Notas de Aulas da disciplina de Construção Civil II.** Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 21 p. 2007.

REVEL, M. **La prefabricación en la construcción.** 1.ed. Bilbao: Urmo, 1973. 457p.

RIBEIRO, Marcellus Serejo. **A industrialização como requisito para a racionalização da construção.** Rio de Janeiro: UFRJ/PROARQ/FAU, v. 3, n. 93, p. 29, 2002.

ROVERY, M.H. (2000). **Metodologia da Pesquisa.** Disponível em [http://www.unilestemg.br/fapemig/downloads/exame\\_2004/1\\_Estrutura\\_Projeto\\_Pesquisa.doc](http://www.unilestemg.br/fapemig/downloads/exame_2004/1_Estrutura_Projeto_Pesquisa.doc)

RRA, S.M.B., FERREIRA, M.de A., PIGOZZO, B. N. C. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**, 2005.

SANTOS, Marcelo Martins dos et al. **Análise da logística de produção de uma indústria de pré-moldados de concreto**. 2018.

SAPUNARU, Raquel Anna. **Uma breve história da engenharia e seu ensino no Brasil e no mundo: foco Minas Gerais**. Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, v. 10, n. 1, p. 39-52, 2016

SENDEN, Henry Osório Teixeira. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N. **Evolução dos pré-fabricados de Concreto. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ)**, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 2001.

SILVA, Andreza et al. **Estruturas pré-moldadas: vantagens e desvantagens da sua utilização na construção civil**. *construindo*, v. 11, n. 2, p. 65-76, 2019.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações**. 2015.

SISINNO, Cristina Lúcia Silveira; MOREIRA, Josino Costa. **Ecoeficiência: um instrumento para a redução da geração de resíduos e desperdícios em estabelecimentos de saúde**. Cadernos de saúde pública, v. 21, p. 1893-1900, 2005.

SOTOMAYOR, Camila Ribeiro Gomes. **Gerenciamento e gestão da implantação e manutenção de uma central de pré-moldados em obra de edificações: estudo das vantagens e desvantagens**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SOUZA, Eduardo. COMO AS PAREDES DOS EDIFÍCIOS ROMANOS ERAM CONSTRUIDAS? **ArchDaily**, 2020. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/935402/como-as-paredes-dos-edificios-romanos-eram-construidas?>> Acesso em: 11 mai. 2021.

VARGAS, Milton. (1994). **Para uma filosofia da tecnologia**. São Paulo. Alfa-Ômega.

VASCONCELLOS, A. C. **O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. São Paulo: Studio Nobel, 2002. V. 3.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

## **7 APÊNDICE A – Artigo Publicado**



ISSN: 2675-1879

## VANTAGENS E DESVANTAGENS NO USO DE PRÉ-MOLDADOS

### ADVANTAGES AND DISADVANTAGES IN THE USE OF PRE-MOLDING

BRENO LUIZ DE SOUZA RESENDE  
PAULO BERNARDO JÚNIOR  
NARCELLE ROUSSOS MACHADO DOS SANTOS  
ORIENTADOR: PROF. MS. JOUBER PAULO FERREIRA

#### RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as funcionalidades dos elementos de pré-moldados na construção civil. Será apresentado um breve relato da história do pré-moldado e da alvenaria convencional no Brasil. Além disso, serão mostradas as vantagens e desvantagens do sistema construtivo em pré-moldados e realizado um comparativo de custos e prazo na elaboração de uma obra em pré-moldado comparado com a alvenaria convencional. Foram realizadas pesquisas bibliográficas em teses, livros, monografias e artigos relacionados ao tema, onde foi possível colher informações necessárias para conclusão desse trabalho. Apesar da necessidade de mão de obra especializada, o sistema construtivo em pré-moldado apresenta vantagens como facilidade de transporte e acabamentos, qualidade e durabilidade dos materiais, redução na geração de resíduos e diminuição de canteiros de obras. A partir desse estudo, conclui-se que o sistema construtivo em pré-moldado apresentou menor custo nas etapas de execução dos pilares, vigas e acabamentos. No que se refere a prazo, observou-se uma diferença de 31 dias no tempo de execução entre os sistemas construtivos, o que permitiu uma economia de 62% menor no sistema de pré-moldado comparado ao método convencional.

**Palavras-chave:** Construção civil. Sistemas construtivos. Desempenho de edificações.

#### ABSTRACT

This work aims to present the functionalities of precast elements in civil construction. A brief account of the history of precast and conventional masonry in Brazil will be presented. In addition, the advantages and disadvantages of precast construction system will be shown and a comparison of costs and time in the preparation of a precast work compared to conventional masonry will be carried out. Bibliographic research was carried out in theses, books, monographs and articles related to the topic, where it was possible to gather information necessary to complete this work. Despite the need for specialized labor, the precast construction system has advantages such as ease of transport and finishing, quality and durability of materials, reduction in waste generation and reduction of construction sites. From this study, it can be concluded that the precast construction system presented the lowest cost in the stages of execution of columns, beams and finishes. With regard to deadlines, there was a difference of 31 days in the execution time between the construction systems, which allowed for savings of 62% lower in the precast system compared to the conventional method.

**Keywords:** Civil construction. Building systems. Building performance.

#### Correspondência/Contato

FEAMIG

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837  
CEP 30510-120  
Fone (31) 3372-3703  
<http://www.feamig.br/revista>

#### Editora responsável

Raquel Ferreira de Souza  
[raquel.ferreira@feamig.br](mailto:raquel.ferreira@feamig.br)

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente o Brasil, bem como todo o mundo, tem enfrentado vários desafios econômicos, e com isso a indústria da construção civil precisa inovar e se adaptar cada vez mais para viabilizar os custos de uma edificação, de modo que fiquem mais práticas e econômicas. Com o avanço tecnológico promovido por meio da engenharia civil, promoveu-se novos sistemas construtivos e métodos cada vez mais eficazes a fim de, otimizar o tempo e os custos de empreendimentos imobiliários, além de potencializar a qualidade dos produtos ofertados.

O método construtivo mais utilizado na construção civil ainda é o da alvenaria convencional em blocos cerâmicos, por ser mais difundido no mercado e por vezes dispensar mão de obra especializada, porém essa nova tecnologia construtiva de pré-moldados vem se tornando cada vez mais cobiçada, pelas diversas vantagens que o produto pode oferecer. Dentre elas podemos citar: otimização do tempo, agilidade na edificação do projeto, custo-benefício, qualidade e durabilidade dos materiais empregados e não menos importante a sustentabilidade.

Diante disso, o objetivo geral dessa pesquisa é apontar as vantagens e desvantagens de utilização do sistema construtivo em pré-moldados. Além de apresentar um comparativo de custos e prazos entre construções similares, sendo uma em alvenaria convencional e outra construída em pré-moldado.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Evolução do sistema construtivo convencional no Brasil**

A alvenaria convencional é um dos métodos construtivos tradicionais na cultura habitacional brasileira, essa técnica vem sendo utilizada desde o século XVII. Inicialmente as construções não tinham nenhum planejamento e eram executadas pelos próprios moradores com a ajuda de amigos e vizinhos que utilizavam pedras como matéria prima. Segundo Vargas (1994), em locais mais nobres eram utilizados também os tijolos que foram se modernizando e se tornou um dos principais meios de fundamentar construções.

Conforme Sapunaru (2016), por volta de 1549, a Engenharia Civil começou a ser difundida no Brasil através dos militares. E com a evolução natural, não temos como dissociar a utilização de blocos de vedação cerâmicos nas construções convencionais. A alvenaria

convencional de acordo com Azevedo (1997), se trata de construções realizadas com estruturas de fundação, ou seja, vigas e pilares de concreto que são formados por moldes de madeira e com vedação utilizando blocos de cerâmica assentados por argamassa.

## **2.2 Evolução dos pré-moldados**

Segundo RRA e Ferreira (2005), a evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, sendo cada uma caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Ou seja, cada fase foi importante e fundamental para melhoria contínua do processo. A utilização dos pré-fabricados foi criada a partir da industrialização, ou seja, com a chegada das máquinas substituindo o homem e logo após, com os processos mecanizados e tecnologias eletrônicas sendo inseridas na melhoria de todo processo.

O pré-moldado tem o seguinte significado segundo Revel (1973), fabricação de certo elemento antes do seu posicionamento final da obra. A norma NBR 9062 – Projeto de Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado (ABNT, 1985) define que a estrutura pré-fabricada é o elemento pré-moldado executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras, ou em instalações permanentes de empresa destinada para este fim que atende aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada.

## **2.3 Sistemas de construção industrializados**

### **2.3.1 Sistema de ciclo fechado**

O sistema de ciclo fechado é a construção em série dos componentes necessários para um edifício específico. “A partir de um determinado projeto, serão produzidos em série todos os elementos construtivos do edifício por uma mesma empresa” (DE MARCO, 2015, p. 8). Dessa forma, esse sistema não pode ser agregado a outros fabricantes ou componentes diferentes.

### **2.3.2 Sistema de ciclo aberto**

O sistema de ciclo aberto “consiste na industrialização de componentes destinados ao mercado, e não a um tipo específico de edificação” (DE MARCO, 2015, p. 19), ou seja, ele pode ser produzido por qualquer fabricante, bem como ser utilizado em qualquer projeto. Esse

sistema coloca à venda seus componentes e não o edifício como no sistema fechado, “os elementos assim produzidos poderão ser combinados entre si numa grande variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios e satisfazendo uma larga escala de exigências funcionais e estéticas”. (BRUNA, 1976. p. 60).

### **2.3.3 Coordenação modular**

A coordenação modular é uma ferramenta que facilita e ordena as tecnologias e o processo industrial. De acordo com De Marco (2015), pode ser entendida como um sistema de medidas que permite relacionar as medidas do projeto com as modulares. Já Greven (2000), a define como sendo a ordenação dos espaços na construção civil. A finalidade do sistema modular é diminuir a variedade de medidas dos componentes, organizando as dimensões das construções, criando assim os módulos, que por sua vez evita a necessidade de cortes e retoques nos componentes.

### **2.3.4 Sistema estrutural**

Na indústria dos pré-moldados, existem vários tipos de sistemas e técnicas que podem ser utilizados, inclusive de forma combinada em uma mesma edificação. Os principais sistemas serão apresentados a seguir.

#### **2.3.4.1 Sistema em esqueleto**

Esse tipo de estrutura é geralmente utilizado em construções de escritórios, escolas, hospitais e estacionamentos, pois possui pequenos números de paredes de contraventamento. Para isso é utilizado pilares, vigas e lajes de vários tamanhos e formatos que podem ser combinados, formando o esqueleto da estrutura. Conforme Acker (2002), esses sistemas são ideais para construções que necessitam de alta flexibilidade na arquitetura, possibilitando grandes vãos para alcançar espaços abertos sem interferência de paredes.

#### **2.3.4.2 Sistema aporticado**

O sistema aporticado é bem parecido com o de esqueleto, de acordo com Acker (2002), é constituído por pilares e vigas de fechamento, muito utilizado para construções de armazéns, centros comerciais e esportivos, dentre outras que necessitam de grandes vãos

### **2.3.4.3 Estrutura de painéis estruturais**

Esse tipo de estrutura é constituído de painéis abertos e fechados, geralmente utilizado para construções residenciais e pequenos prédios pois, as paredes podem ser moldadas no local, além disso, a superfície é lisa e pode receber acabamento direto como tinta ou papel de parede. Conforme Acker (2002), esse sistema oferece vantagens como a rapidez na construção, isolamento acústico e resistência ao fogo. A arquitetura permite que o projeto seja criado de acordo com o gosto do cliente, sendo possível fazer alterações futuras de maneira econômica.

### **2.3.4.4 Fachadas de concreto**

Conforme Acker (2002), as fachadas pré-fabricadas podem ser projetadas com elementos estruturais ou somente fechamento, podendo ser usadas para qualquer tipo de construção. As fachadas de carga suportam cargas verticais e de painéis superiores e são bastante econômicas já que não necessitam de pilares e vigas de apoio para o piso.

### **2.3.4.5 Sistema pré-moldado para piso**

Esse sistema pode ser utilizado em conjunto com todos os tipos de sistemas construtivos, não sendo exclusivo para estruturas pré-moldadas, como também combinado com outros materiais. É formado por vários tipos de elementos de lajes para fazer o piso, é apto para espalhar a carga concentrada e levar as forças para o sistema de contraventamento.

### **2.3.4.6 Sistemas celulares**

Os sistemas celulares são formados por células de concreto pré-moldado sendo totalmente industrializados e podem ser montados completamente nas fábricas, muito utilizado para construções de banheiros, cozinhas, garagens etc. Apesar de ser benéfico pela facilidade e rapidez na fabricação, esse sistema também possui algumas desvantagens como a dificuldade no transporte e a pouca flexibilidade arquitetônica, conforme Sirtoli (2015).

## **2.4 Método de fabricação do pré-moldado**

O processo de fabricação do pré-moldado consiste na colocação do concreto em um molde (forma) que depois é levado para um processo de cura em área controlada. Depois de pronto as peças são transportadas para o local de utilização.

### **2.4.1 Forma**

Conforme Barros e Melhado (1998), a forma é o conjunto de componentes que tem como finalidade dar forma ao concreto, conter o concreto fresco e dar sustentação até sua resistência. Os elementos utilizados nos sistemas de formas são formados por: moldes que tem a função de dar formato a peça; a estrutura que segura e bloqueia o molde e o escoramento que tem como finalidade apoiar e estruturar a forma. Conforme Barros e Melhado (1998), as formas podem ser constituídas de aço, alumínio ou madeira, podendo ser revestidas com chapas metálicas, plástico ou outro material.

### **2.4.2 Armações**

Para preparação da armadura é necessário o corte dos fios e barras que são feitos através de talhadeiras, tesourões e máquinas de cortes. Conforme Barros e Melhado (1998), após a preparação dos cortes que devem ser feitos de acordo com o projeto é realizado as dobras. Essa etapa é geralmente realizada em uma bancada com pregos e pinos de aço com auxílio de ferramentas próprias. O próximo passo consiste na montagem das peças que são amarradas com arames. Quando as armaduras estão prontas e feito a montagem das formas, ou seja, a armadura é posicionada através de espaçadores que garante o posicionamento correto da armadura na forma.

### **2.4.3 Concretagem**

O concreto a ser utilizado pode ser preparado na obra ou em empresa especializada. Pode-se utilizar aditivos químicos com a finalidade de retardar ou acelerar a pega, além disso os aditivos também podem proporcionar melhora na trabalhabilidade e resistência, redução de calor de hidratação dentre outras de acordo com a necessidade. A aplicação deve ocorrer em camadas permitindo o adensamento.

### **2.4.4 Cura e desforma das peças**

Conforme Barros e Melhado (1998), o tempo de cura deve ser respeitado e cada peça tem seu tempo específico. Para desforma os seguintes procedimentos devem ser seguidos:

- Cumprir o tempo de cura antes da desforma;
- Retirar os painéis de maneira correta para que não ter quebra de peças;
- Limpar os painéis;

- Fazer verificação de peças deformadas.

## **2.5 Ecoeficiência**

A sustentabilidade é um ponto de grande preocupação na construção civil. A ecoeficiência é uma medida que busca um futuro sustentável, através de produtos e processos que satisfazem as necessidades humanas, agregando qualidade de vida e reduzindo os impactos ambientais. O conceito de ecoeficiência ainda vem sendo aplicado de forma gradativa na construção civil, porém o mercado oferece uma vasta opção de recursos sustentáveis, inclusive no processo construtivo em pré-moldados. Além disso, o consumidor final está cada vez mais exigente com relação obras ecoeficientes, visando a economia através de recursos como captação de água de chuva e de energia solar por meio de painéis fotovoltaicos.

## **3 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada foi a bibliográfica, pois foi realizado um estudo com base em pesquisas acadêmicas, artigos, sites, dentre outros sobre as particularidades do pré-moldado. Para tanto, foi possível conhecer melhor essa técnica e demonstrar suas vantagens e desvantagens. A pesquisa foi realizada de forma descritiva e explicativa, onde foi exposto as características e funcionalidades do sistema pré-moldado, com a finalidade de torná-la mais conhecida é aplicável, bem como tratar as oportunidades de melhoria no processo de construção, a fim de aperfeiçoá-la o máximo possível.

## **4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldado**

Como todo produto, o pré-moldado tem suas vantagens e desvantagens que serão apresentadas nos tópicos desse capítulo.

### **4.1.1 Vantagens**

São várias vantagens de se utilizar o sistema pré-moldado, essas vantagens também variam bastante de acordo com o tipo que será aplicado, visto a vasta opção existente hoje no mercado.

#### **4.1.1.1 Facilidade de transporte**

O transporte de insumos utilizados no sistema pré-moldado, é um item muito importante para o bom andamento de uma obra. Diante disso, a gestão de logística segundo Santos (2018), deve ser bem planejada para que o transporte não prejudique o processo produtivo e conseqüentemente o andamento da obra. As peças pré-moldadas geralmente possuem dimensões já definidas e o transporte é realizado com maior facilidade, onde as peças são pequenas a carga e descarga do material não necessita de maquinário específico, permitindo ser realizado inclusive manualmente. Conforme Mamede (2001), nos casos de peças pré-moldadas de grandes dimensões e peso elevado, pode-se levar em consideração o transporte e movimentação através de auto guias, guias de torre, guindastes acoplados a caminhões convencionais (caminhões munck), dentre outros.

#### **4.1.1.2 Acabamento**

Alguns materiais no mercado da construção possuem a superfície lisa, essa característica é bastante vantajosa pois não é necessário a aplicação de chapisco, emboço e nem de reboco, conforme cita Moraes (2018). O acabamento pode ser aplicado diretamente na superfície da peça pré-moldada e aceita qualquer tipo como: argamassa, cerâmica, massa corrida, gesso, pinturas, dentre outras.

#### **4.1.1.3 Redução de custos**

A otimização do tempo de execução de um projeto é a maior vantagem para a utilização do pré-moldado, principalmente quando há a padronização das peças, possibilitando que a obra seja realizada com mais agilidade, reduzindo o custo e melhorando a logística na obra. Na maioria dos casos, vale salientar a redução de profissionais e frentes de trabalho nos canteiros de obras, conforme cita Acker (2002). Como a quantidade de peças pré-moldadas são definidas de acordo com a necessidade, a perda de materiais se torna praticamente inexistentes

#### **4.1.1.4 Redução na geração de resíduos**

Conforme Sotomayor (2017) em geral, uma das principais características do método construtivo pré-moldado é justamente o fato de não gerar muitos resíduos, pois na maioria dos casos, as peças são ajustadas e encaixadas, dispensando assim a carpintaria e outros métodos de escoramento que demandam mais mão de obra. A utilização de pré-moldados, em geral diminui os canteiros de obras, facilitando a organização e possibilitando uma obra mais limpa do ponto de vista físico e visual do terreno.

#### **4.1.1.5 Ecoeficiência**

Hoje em dia, as instituições governamentais têm se preocupado cada vez mais com impactos ambientais gerados com o crescimento das metrópoles e com isso, é muito importante que as construtoras também se adequem para que haja menor impacto e maior equilíbrio ambiental. O pré-moldado é uma técnica construtiva que contribui para ecoeficiência e isso se deve a medidas que esse sistema utiliza. Dentre elas podemos citar a diminuição dos resíduos e rejeitos gerados em uma obra comparado a de alvenaria convencional, visto que as peças já são entregues prontas para serem instaladas. Outro elemento relevante que o sistema permite é a rapidez na execução do projeto que acarreta maior economia, devido ao menor tempo empregado na realização da obra e conseqüentemente a redução de impactos aos arredores, conforme Moraes (2018).

Pensando em economia e automaticamente meio ambiente, o pré-moldado também permite a utilização de placas solares e sistema de captação de água de chuva. Ambos altamente viáveis, tanto para o meio ambiente, onde a água de chuva pode ser reaproveitada no próprio terreno para outros fins, quanto para economia no gasto com energia elétrica.

#### **4.1.1.6 Instalação hidráulica e elétrica**

Alguns pré-moldados se tornam vantajosos devido a facilidade na passagem de tubulação, o que dispensa a necessidade de *shafts*. Essa característica facilita muito a construção e permite que manutenções e ou alterações futuras possam ser realizadas sem grandes complicações.

## **4.1.2 Desvantagens**

Como toda construção o pré-moldado também possui desvantagens, que serão abordados nos próximos subtópicos.

### **4.1.2.1 Limitação**

A construção em pré-moldado por vezes se torna inviável, quando o projeto inicial possui formas mais complexas, cujas peças não conseguem se conformarem. Visto que no mercado é difícil encontrar materiais com essas geometrias, o que torna o processo industrial muito minucioso e especializado. Outro ponto a ser considerado, conforme Senden (2015), é o acesso devido as características dos materiais transportados, ou seja, caso o local da construção seja distante de um centro de distribuição, ou de difícil acesso, o transporte se torna mais complexo, o que aumentaria consideravelmente o custo da operação.

### **4.1.2.2 Mão de obra especializada**

Apesar de não ser necessário uma grande quantidade de funcionários para esse tipo de construção é essencial que se tenha mão de obra especializada, tanto na fabricação quanto na instalação das peças, conforme cita Senden (2015). Isso facilita a condução do projeto, devido a especificidades das suas técnicas e permite a garantia e o andamento adequado da obra.

## **4.2 Comparação de custos de uma construção utilizando alvenaria convencional e outra construída em sistema pré-moldado**

Conforme Moraes (2018), para poder comparar os custos entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e pré-moldado, foram levantados os quantitativos de materiais e serviços utilizados na execução da obra (Tabela 1). A partir desses levantamentos, foram geradas planilhas de custos para cada sistema construtivo.

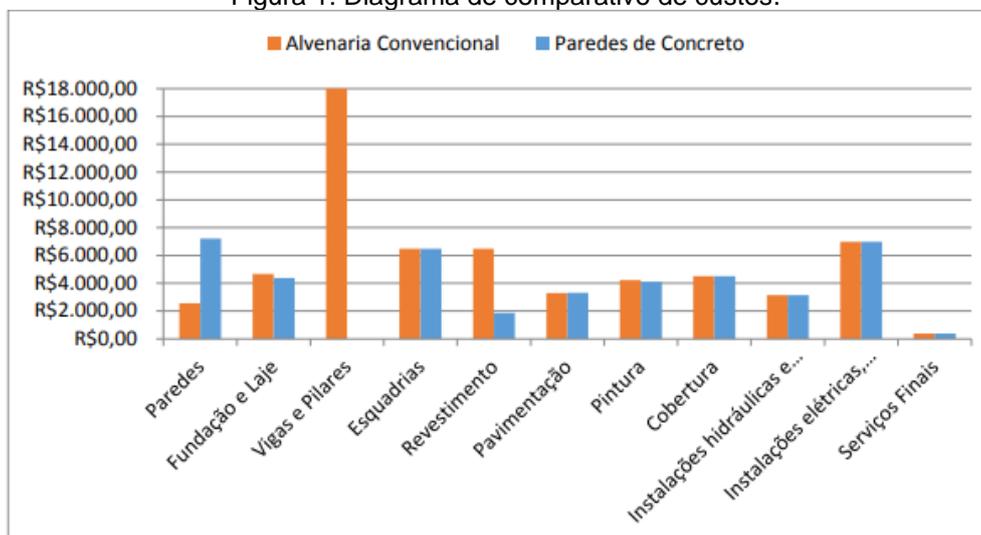
Tabela 1: Comparativo de custos.

ITENS	Paredes de Concreto	Alvenaria Convencional
Paredes	R\$ 7.215,01	R\$ 2.556,86
Fundação e Laje	R\$ 4.378,81	R\$ 4.671,69
Vigas e Pilares	-	R\$ 18.489,43
Esquadrias	R\$ 6.475,36	R\$ 6.475,35
Revestimento	R\$ 1.863,36	R\$ 7.878,57
Pavimentação	R\$ 3.313,89	R\$ 3.286,73
Pintura	R\$ 4.108,97	R\$ 4.220,26
Cobertura	R\$ 4.513,84	R\$ 4.513,84
Instalações hidráulicas e sanitárias	R\$ 3.134,93	R\$ 3.134,93
Instalações elétricas, tomadas e iluminações	R\$ 6.972,48	R\$ 6.972,48
Serviços Finais	R\$ 378,00	R\$ 378,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 42.354,65</b>	<b>R\$ 61.180,12</b>

Fonte: Moraes, (2018).

Conforme Moraes (2018) nos dados apresentados, observa-se que nas paredes de concreto o sistema de pré-moldado possui um custo de 80% maior com relação ao sistema convencional, devido ao valor dos blocos cerâmicos ser inferior ao custo da parede pré-moldada. Em contrapartida os valores com vigas e pilares no sistema de alvenaria convencional mostrou um custo de 30% do valor total da obra, isso se deve ao fato das paredes pré-moldadas serem responsáveis por receber as cargas, sendo assim não possui a necessidade de construção de vigas e pilares e conseqüentemente não gera nenhum custo. A etapa de acabamento apresentou um custo 70% maior na alvenaria convencional, devido a necessidade de chapisco, emboço e reboco antes de revestimento cerâmico, que comparado ao pré-moldado não se faz necessário, sendo possível a aplicação direta do revestimento.

Figura 1: Diagrama de comparativo de custos.



Fonte: Moraes, (2018).

Na Figura 1, Moraes (2018) também demonstra que o maior custo no processo de construção do pré moldado é referente as paredes. No sistema convencional a fundação apresenta pouca diferença, já as etapas de pilares/vigas e revestimentos apresentam uma diferença de custo extremamente maior comparado ao de pré-moldado. As demais se mantem iguais, pois os processos são parecidos. Diante dos dados apresentados por Moraes (2018), pode-se concluir que no processo final de obra da unidade habitacional, os custos no sistema pré-moldado são menores se comparado ao sistema convencional. Isso demonstra que a utilização desse sistema construtivo pode ser bastante viável economicamente para construtoras e investidores.

#### **4.3 Comparação de prazos de execução entre uma obra utilizando alvenaria convencional e outra em sistema pré-moldado**

O indicador de previsão da construção é obtido através da quantidade de horas aplicadas com mão de obra em cada etapa do processo de infraestrutura e através desses dados se tem o tempo gasto para conclusão da obra. Com base nos dados da pesquisa realizada por Machado (2018), para construção do galpão na alvenaria convencional, foi considerado duas equipes de oficial e duas equipes de serventes como ideal para realização dos serviços. Isso se deve pelo fato que, o sistema convencional necessita respeitar o tempo de cura do concreto, como também os períodos adequados de escoramento das vigas.

Diante dos dados demonstrados (Tabela 2), é possível observar uma diferença de aproximadamente 31 dias no tempo de execução entre os sistemas construtivos. O sistema de pré-moldado necessita de 19 dias para fabricação e montagem da estrutura, utilizando uma equipe (oficial, servente e operador de guincho), comparado ao sistema de alvenaria convencional no qual são necessários mais de 50 dias para execução, utilizando duas equipes (oficial e servente). Com isso, pode-se estimar que o sistema de pré-moldado permite uma economia de 62% a menos comparado ao sistema convencional.

Tabela 2 – Tempo de execução dos serviços para estrutura pré-moldada

FABRICAÇÃO			
Descrição	Quantidade (m)	Dias p/ Produzir Considerando 4 Formas de 18 metros	Dias
Pilares	123,62	1,7	2
Vigas Baldrame	101,96	1,4	2
Vigas Intermediárias O1	82,85	1,2	1
Vigas Intermediárias O2	54,67	0,8	1
Vigas Superiores	80,2	1,1	1
MONTAGEM			
Descrição	Quantidade (m³)	Dias p/ montar utilizando 1 servente e 1 Oficial + guincho	Dias
Pilares	7,1	2,4	3
Vigas Baldrame	9,3	3,1	3
Vigas Intermediárias O1	5,4	1,8	2
Vigas Intermediárias O2	4,8	1,6	2
Vigas Superiores	5,2	1,7	2
RESUMO GERAL			
Descrição	Dias		
Pilares	5		
Vigas Baldrame	5		
Vigas Intermediárias O1	3		
Vigas Intermediárias O2	3		
Vigas Superiores	3		
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>		

Fonte: Machado, (2018).

A pesquisa se baseou apenas na etapa construtiva da estrutura, já que na fase de acabamentos os dias gastos são similares. Essa economia considerável no tempo de execução de um projeto que antecipa a entrega da obra em 31 dias, é um fator relevante na escolha do sistema construtivo empregado, conforme citado por Machado (2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise dos resultados obtidos e demais pontos levantados chega-se a algumas conclusões que serão elencadas conforme avaliação dos objetivos propostos nessa pesquisa.

Quando o assunto é vantagens de utilização do pré-moldado, pode-se concluir que elas superam as desvantagens, se tornando uma técnica bastante benéfica. Com o pré-moldado é possível executar uma obra agregando outras técnicas construtivas, ou seja, de forma híbrida, bem como permite a facilidade de realizar adequações, quando necessário. Como o pré-moldado é desenvolvido através de um processo padronizado, o controle de qualidade e inspeção realizada na fabricação das peças, possibilita que o produto acabado seja de maior qualidade e possua maior durabilidade.

Com relação aos custos, a técnica se mostrou bem econômica de acordo com os dados apresentados. Além disso, observa-se uma redução na quantidade de material utilizado, como exemplo as escoras que são necessárias no sistema convencional e no pré-moldado não. A diminuição de resíduos e mão de obra também é relevante, visto que diminui as frentes de trabalho e os canteiros, proporcionando uma obra mais limpa e econômica.

No que se refere ao prazo de execução, a construção pode chegar a ser 62% mais rápida se comparada ao processo de alvenaria convencional. Isso é possível pois, com o pré-moldado não é necessário esperar pelo tempo de cura do concreto e escoramento das vigas, as peças chegam prontas para serem instaladas tornando o prazo de execução significativamente menor.

O mercado da construção civil está cada vez mais amplo com relação a técnicas construtivas. Pode-se dizer que o pré-moldado é bem amplo, o mercado hoje oferece vários tipos, tanto em materiais quanto em métodos construtivos, cada uma possui suas particularidades que o consumidor pode optar pela que mais se adequa às suas necessidades.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 1985.

ACKER, Arnold Van. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. 2002.

AZEVEDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BRUNA, Paulo J. V. **Arquitetura, Industrialização e Desenvolvimento**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976. 307p.

DE BARROS, Mercia Maria S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 1998.

DE MARCO, Marina Drummond. **Industrialização na construção civil pré-fabricados em concreto armado**. 2015

GREVEN. H. A. **Coordenação Modular**. In: GREVEN. H. A. **Técnicas não convencionais em edificação I**. Porto Alegre: Programa Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

MACHADO, Paulo Rogerio Carreira; CARREIRA, Manoel Francisco. **Comparação de indicadores entre execução de construção de um barracão em estrutura pré-moldada e convencional.** Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, 2018.

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2001.

MORAES, Bruna Demétrio et al. **Comparação de custos de unidades habitacionais de interesse social produzidas por sistemas construtivos convencional e paredes de concreto.** 2018.

REVEL, M. **La prefabricación en la construcción.** 1.ed. Bilbao: Urmo, 1973. 457p.

RRA, S.M.B., FERREIRA, M.de A., PIGOZZO, B. N. C. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto,** 2005.

SANTOS, Marcelo Martins dos et al. **Análise da logística de produção de uma indústria de pré-moldados de concreto.** 2018.

SAPUNARU, Raquel Anna. **Uma breve história da engenharia e seu ensino no Brasil e no mundo: foco Minas Gerais.** Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis, v. 10, n. 1, p. 39-52, 2016

SENDEN, Henry Osório Teixeira. **Sistemas construtivos em concreto pré-moldado.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações.** 2015.

SOTOMAYOR, Camila Ribeiro Gomes. **Gerenciamento e gestão da implantação e manutenção de uma central de pré-moldados em obra de edificações: estudo das vantagens e desvantagens.** 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VARGAS, Milton. (1994). **Para uma filosofia da tecnologia.** São Paulo. Alfa-Ômega.