

**CENTRO UNIVERSITARIO UNIFAAT
ENGENHARIA CIVIL**

Anderson Alves

Beatriz Perestrelo

Cristiano Galvão Corrêa Conde

Marcos Roberto de Godoi

Rodrigo Alves Pinto Brigida

CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS PRÉ-FABRICADAS

ATIBAIA - SP

2019

Anderson Alves
Beatriz Perestrelo
Cristiano Galvão Corrêa Conde
Marcos Roberto de Godoi
Rodrigo Brigida

CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS PRÉ-FABRICADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Universitário UNIFAAT, para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Henrique Raymundo

ATIBAIA - SP
2019

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho às nossas famílias, pilares de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Anderson

Ad aeternum, aos meus pais, Elpídio e Valkiria, pelo apoio incondicional e incansável durante toda a minha jornada e, também, especialmente, à minha filha, Laís, que, mesmo sem saber, carrega consigo minha energia vital e a responsabilidade de me manter firme e me dar forças para sempre continuar superando cada dificuldade e transcendendo a qualquer limite físico e psicológico. As demais pessoas, que estiveram envolvidas de alguma forma, meu carinho especial pelo apoio, companheirismo e paciência.

Beatriz

Agradeço primeiramente a Deus que me deu a oportunidade de cursar a faculdade, e a meus pais Avelino e Telma, e minha irmã Isadora pelo apoio nessa caminhada. Agradeço ao meu filho por me dar forças e motivação pra não desistir, e também a minha rede de apoio incrível. Sem vocês nada disso seria possível. Obrigada a todos que estiverem comigo ao longo desses anos traçando esse caminho comigo.

Cristiano

Dedico este trabalho à minha família. Minha esposa Vanessa e minhas filhas Julia e Beatriz, que me deram a força necessária para superar todos os momentos difíceis a que eu me deparei ao longo da graduação. Aos meus pais Mario e Luiza e meus sogros Ruy e Irene por todo o incentivo. Agradeço ao corpo docente e em especial ao nosso orientador, assim como os grandes amigos da faculdade, que permitiram que essa caminhada fosse mais alegre.

Marcos

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças, a minha esposa Janaína pelo apoio e as minhas filhas Gabriela e Catarina que completam a minha vida e me motivam todos os dias para seguir em frente. Agradeço ao Corpo Docente, especialmente ao Professor Hércules Vernalha que graças as suas conversas me direcionou até aqui e ao Professor orientador Henrique Raymundo que nos dedicou seu tempo e paciência para o cumprimento deste trabalho.

Rodrigo

Agradeço a minha família e minha namorada por todo incentivo para seguir essa jornada. Agradeço ao corpo docente, em especial o professor orientador Henrique Raymundo que nos orientou para a conclusão deste trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho apresenta como tema central a viabilidade do uso de estruturas pré-fabricadas em construções habitacionais e tem como objetivo geral a análise do cenário atual e sua aplicabilidade na realidade brasileira.

Como referencial teórico discorre-se sobre a história da pré-fabricação como ponto de partida para entender a utilização do método construtivo ao redor do mundo e sua evolução ao longo da história.

Como forma de comparação do método construtivo pré-fabricado e o método construtivo tradicional foram utilizados documentos técnicos com requisitos de desempenho elencados nas normas vigentes, comparando também custos e prazos destes métodos, utilizando orçamento de uma obra para tal finalidade.

A análise do mercado brasileiro a partir de empresas do setor e os resultados das comparações supracitadas resultam numa conclusão acerca das vantagens e desvantagens do método construtivo pré-fabricado e as dificuldades de mercado que o setor enfrenta.

Palavras-chave: Construção habitacional. Pré-fabricados. Métodos construtivos.

ABSTRACT

This paper presents as its central theme the feasibility of using prefabricated structures in housing construction and has as its general objective the analysis of the current scenario and its applicability in the Brazilian reality.

As a theoretical framework we discuss the history of prefabrication as a starting point to understand the use of the constructive method around the world and its evolution throughout history.

As a way of comparing the prefabricated construction method and the traditional construction method, technical documents were used with performance requirements listed in the current norms, also comparing costs and deadlines of these methods, using the budget of a work for such purpose.

The analysis of the Brazilian market from companies in the sector and the results of the above comparisons result in a conclusion about the advantages and disadvantages of the prefabricated construction method and the market difficulties that the sector faces.

Keywords: Housing construction. Prefabricated. Constructive methods.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência de montagem de casa de 65 m ² de área útil, na fábrica da Cinasa.	23
Figura 2 - Sequência executiva: sistema convencional, alvenaria estrutural e painel portante.	28
Figura 3 - Ligação entre as placas do painel	37
Figura 4 - Exemplo de montagem realizado pela Domus Populi	38
Figura 5 - Prédio com Painéis Portantes.....	39
Figura 6 - Montagem dos painéis sobre a laje	40
Figura 7 - Painel portante sendo transportado com grua.....	40
Figura 8 - Montagem da pré-laje com pórtico	41
Figura 9 - Preparo e Montagem da bateria.....	41
Figura 10 - Posicionamento das armaduras, conduítes e alças e fechamento das gavetas.....	42
Figura 11 - Construção com paredes duplas - Sudeste Pré-fabricados.....	43
Figura 12 - Casa Aqua - Mostra Casa Cor 2016	45
Figura 13 - Detalhe do sistema construtivo - montagem da Casa Aqua	46
Figura 14 – Montagem da Casa 24h.....	46
Figura 15 - Obra com sistema construtivo Werke	48
Figura 16 - Exemplo de construção "esqueleto".....	49
Figura 17 - Prédio em alvenaria convencional de vedação.	50
Figura 18 - Corte típico do painel das paredes.....	51
Figura 19 - Obra finalizada.....	52
Figura 20 - Montagem de obra.	53
Figura 21 - Detalhe da "gola de proteção", uma solução adotada pela construtora Pedreira de Freitas.....	54
Figura 22 - Parede dupla em içamento.....	55
Figura 23 - Planta baixa de uma residência alto padrão	64
Figura 24 - Fundação - Bloco e armadura.....	65
Figura 25 - Maquete eletrônica da residência - vista frontal.....	66
Figura 26 - Maquete eletrônica da residência – vista em perspectiva.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Perda de materiais na concepção, execução e utilização.....	24
Tabela 2 - Painéis Pré-Moldados Maciços de Concreto com Função Estrutural	61
Tabela 3 – Painéis Nervurados Pré-Fabricados de Concreto Armado Com Função Estrutural	62
Tabela 4 – Painéis Mistos com Função Estrutural	63
Tabela 5 - Orçamento - Pré-Fabricado.....	67
Tabela 6 - Tabela Sinduscon - valores m² construído.....	68
Tabela 7 - Orçamento - Construção Convencional	69
Tabela 8 – Orçamento final - Construção Convencional	70

LISTA DE SIGLAS

ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABECE - Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI - Benefícios e Despesas Indiretas
CAD - Concreto de Alto Desempenho
CRUSP - Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo
CUB - Custo Unitário Básico
DAtec - Documento de Avaliação Técnica
Dh - Deslocamento Horizontal
ELS – Estado Limite de Serviço (Carga de Serviço)
ELU – Estado Limite Último (Carga de Ruptura)
EUA – Estados Unidos da América
Fck - Resistência Característica do Concreto à Compressão
FEICON - Feira da Construção
FUNDUSP - Fundo de Construção da Universidade de São Paulo
GPa - Giga Pascal
ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IFBQ - Instituto Falcão Bauer de Qualidade
IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISS - Imposto Sobre Serviço
ITA - Instituições Técnicas Avaliadoras
Kg - Quilograma
Mpa - Mega Pascal
NBR - Norma Brasileira
PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
Rev - Revisão
SiNAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica
SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil
SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TCPO - Tabela de Composição de Preços para Orçamentos
VUP - Vida Útil do Projeto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. JUSTIFICATIVA	16
3. OBJETIVOS	17
4. METODOLOGIA.....	18
5. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
5.1 História dos pré-fabricados.....	19
5.2 Diferença em pré-fabricado e pré-moldado	21
5.2.1 Controle de qualidade na pré-fabricação	21
5.3 Pré-fabricados de concreto no Brasil.....	22
5.4 A Construção civil convencional	24
6. Dados e características da pré-fabricação	27
7. Vantagens e Desvantagens	35
8. Exemplos de empresas no setor	36
8.1 Domus Populi	36
8.2 Sudeste Pré-Fabricados.....	42
8.3 Kronan Sistema Construtivo	44
8.4 Werke Construções.....	47
9. Diferenças entre soluções pré-fabricados	49
10. Comparativos de tecnologia.....	56
10.1 Metodologia.....	56
10.2 Estanqueidade à água	57
10.3 Desempenho térmico	58
10.4 Durabilidade e Manutenibilidade	59
10.5 Segurança contra incêndio.....	60
10.6 Requisitos de desempenho e resultados	61
11. Comparativo de métodos – CUSTOS.....	64
11.1 Orçamento obra pré-fabricado	65

11.2	Orçamento obra convencional	68
12.	Brasil – O mercado atual.....	71
13.	Conclusão	75
14.	REFERÊNCIAS bibliográficas.....	77

1. INTRODUÇÃO

A atratividade econômica da indústria da construção civil gerou uma tendência ao desenvolvimento de tecnologias ao longo dos anos, principalmente, após o período pós-guerra. Essas tecnologias visavam à diminuição do desperdício bem como, maior custo-benefício da obra.

O sistema de pré-fabricados, desde esse período vem sofrendo inovações graças às pesquisas feitas por empresas públicas e privadas e pesquisas acadêmicas. Hoje em dia, os pré-fabricados de um edifício, por exemplo, são constituídos por elementos de diversos fabricantes, o que chamamos de ciclo aberto. O que os torna mais eficazes e específicos dependendo de cada tipo de projeto.

A construção a partir dos pré-fabricados não está baseada somente na montagem dos elementos, fornecendo diversas oportunidades arquitetônicas e rapidez na construção. A divulgação da importância do uso atual dos pré-fabricados na construção civil ajuda a aumentar os conhecimentos sobre esse sistema extremamente vantajoso e competitivo, amplamente utilizado no exterior.

A construção civil passa por um momento de modernização e traz então opções mais econômicas e práticas. O uso de materiais pré-fabricados traz à construção agilidade e é a realidade adotada em grande parte do mundo, principalmente nos países mais desenvolvidos, que constroem com qualidade e rapidez estruturas de uma forma que a construção tradicional não possibilita.

Entre estruturas de concreto pré-fabricado e pré-moldado existem algumas diferenças, e é importante saber quais as diferenças entre estes dois tipos de estruturas.

Não obstante tratar-se de expressões similares, o diferencial destes dois tipos de peças está no seu controle de qualidade. Conforme preconizado na NBR 9062, a definição de concreto pré-moldado é de um elemento produzido fora do local na qual será definitivamente empregado. O controle de qualidade acerca deste concreto é menos rigoroso, devendo ser inspecionado por pessoal capacitado do próprio construtor ou proprietário.

O concreto pré-fabricado também é definido como um material confeccionado externamente, mas com característica industrial, atendendo a padrões mais rigorosos de controle de qualidade. A avaliação é realizada em várias etapas de sua

fabricação, além do armazenamento, transporte e utilização final. A garantia de qualidade deste material deve-se então a um processo, cujo qual passa o registro, constando na documentação informações referentes à identificação, data, tipo de concreto e aço empregados e assinaturas de profissionais responsáveis da garantia de qualidade do produto.

Apesar de suas inúmeras vantagens construtivas há a dificuldade da implementação deste no cenário brasileiro. Este trabalho versa então sobre as diferenças entre os tipos construtivos tradicionais e o método pré-fabricado, elencando os principais métodos utilizados e as dificuldades desta implementação.

2. JUSTIFICATIVA

Este trabalho ocupa uma lacuna existente nas bibliografias nacionais referentes ao assunto relacionado às construções habitacionais em pré-fabricados de concreto. Deste modo, ao tratar do estudo comparativo com os métodos tradicionais, que em muitos casos trazem grandes índices de desperdício e canteiros desorganizados, é possível notar claramente a diferença e vantagem da aplicação da pré-fabricação nestas construções.

O tradicional levantamento de alvenaria vem, há tempos, como o principal método construtivo aplicado no desenvolvimento de casas e edificações residenciais de múltiplos pavimentos de pequena altura. Entretanto, conforme já indicado e disposto de forma detalhada ao longo deste trabalho, o desperdício de materiais, dificuldades na organização dos canteiros e baixo rendimento de trabalho traz pontos negativos a esta metodologia ainda bastante empregada. Com o desenvolvimento deste trabalho, mostram-se pontos e vantagens para que a construção pré-fabricada seja cada vez mais aplicada ao cenário residencial do Brasil.

A racionalização dos processos construtivos tem sido o principal método para redução de custos, aumento da produtividade e diminuição de prazos de entrega, sendo que esta constante busca das empresas construtoras tem, na utilização de pré-fabricados, uma possível solução para o aprimoramento do setor da construção civil.

3. OBJETIVOS

Este trabalho tem por finalidade apresentar, academicamente, uma análise do atual cenário da construção civil brasileira no que tange a utilização de peças pré-fabricadas de concreto, considerando a aplicação quanto à vedação destas estruturas residenciais bem como suas eventuais necessidades de estruturação.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- i. Analisar os índices de desperdício, produtividade e organização de canteiro de construções habitacionais com métodos de execução padrão (estrutura em concreto e fechamento em alvenaria);
- ii. Analisar os índices de desperdício, produtividade e organização de canteiro de construções que se utilizam de elementos pré-fabricados de concreto (substituem, ao mesmo tempo, estrutura e fechamento);
- iii. Dispor os principais métodos de pré-fabricação já utilizados hoje no país para situações residenciais;
- iv. Verificação de documentos técnicos de empresas e obras residenciais com elementos pré-fabricados.

4. METODOLOGIA

Inicialmente, o trabalho desenvolvido indica uma pesquisa relacionada às informações referentes aos principais métodos construtivos utilizados há tempo e, ainda hoje em dia, no cenário da construção residencial brasileira. Nestas informações, busca-se indicar as informações principais relacionadas às dificuldades e facilidades destes métodos utilizados há tempos. Ainda, busca-se indicar o que os mesmos trazem de prejudicial à obra, considerando situações de desperdícios de materiais, problemas de produtividade e dificuldades na organização dos canteiros.

Após, o trabalho indica uma análise geral de como está o uso da pré-fabricação no cenário da construção residencial brasileira, seja para situações de residências do tipo térreas, ou mesmo para pequenas edificações de múltiplos pavimentos. Neste ponto, são definidas as principais empresas do estado de São Paulo que trabalham com esta solução, bem como a característica principal das obras de cada uma delas.

Indicam-se, então, quais as vantagens que os elementos pré-fabricados podem trazer para construções do tipo residencial, com visualização de índices de produtividade e desperdícios, bem como informações relacionadas à organização de canteiro de obras. Procura-se indicar, ainda, quais os itens negativos desta solução que podem impedir um uso mais corrente da mesma.

Nesta próxima fase, o trabalho indica uma verificação nos documentos técnicos de empresas especializadas na aplicação de peças pré-fabricadas em construções residenciais. Deste modo, indicam-se inicialmente os passos aplicados nos processos de projeto de uma edificação. Após, consideram-se as análises relacionadas à produção e transporte das peças para o canteiro. Em uma etapa final, considera-se a análise dos processos de montagem e dados de análise de prazos e produtividade aplicados.

O trabalho termina considerando uma discussão a respeito das principais dificuldades observadas que podem impedir uma aplicação cada vez maior dessa solução no mercado da construção residencial brasileira.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 HISTÓRIA DOS PRÉ-FABRICADOS

Não há um registro que determine a data do início da pré-fabricação. Segundo Vasconcelos (2002), relaciona-se o nascimento do concreto armado com a pré-fabricação de elementos, em local diferente de onde será aplicado, desta forma convencionou-se dizer que a pré-fabricação começou com a invenção do concreto armado.

Conforme menciona Vasconcelos (2002), no início do século XX, principalmente nos EUA e Europa, houve grandes avanços na tecnologia de concreto pré-moldado, tais como:

- i. Em 1900, surgiram nos EUA os primeiros elementos pré-fabricados de grandes dimensões para cobertura;
- ii. Foram executados elementos pré-fabricados de pisos para um edifício de quatro andares nos EUA, em 1905;
- iii. Foram produzidos, em 1906, os primeiros elementos pré-fabricados na Europa, que foram treliças e estacas de concreto armado;
- iv. A Edison Portland Corporation, pertencente a Thomas Alva Edson, em 1907, produziu, no canteiro, todas as peças pré-moldadas para construção de um edifício industrial nos EUA.

Segundo SIRTOLI (2015) o início da pré-fabricação ocorreu no período pós-guerra devido à escassez de mão-de-obra qualificada nos países europeus e a necessidade de construção em larga escala, assim sendo, uma das soluções encontradas era deslocar o maior número de operações que ocorriam no canteiro de obra para a indústria, assim surgindo a pré-fabricação dos elementos antes feitos nos canteiros de obras.

Além disso, de acordo com Salas (1988) pode-se dividir as utilizações dos pré-fabricados em três etapas:

- i. De 1950 a 1970 – período em que a falta de edificações ocasionadas pela devastação da guerra, houve a necessidade de se construir diversos edifícios, tanto habitacionais quanto escolares, hospitais e industriais. Os edifícios construídos nessa época eram compostos de elementos pré-fabricados, cujos

componentes eram procedentes do mesmo fornecedor, constituindo o que se convencionou de chamar de ciclo fechado de produção.

- ii. De 1970 a 1980 – Período em que ocorreram acidentes com alguns edifícios construídos com grandes painéis pré-fabricados. Esses acidentes provocaram além de uma rejeição social a esse tipo de edifício, uma profunda revisão no conceito de utilização nos processos construtivos em grandes elementos pré-fabricados. Neste contexto teve o início do declínio dos sistemas pré-fabricados de ciclo fechado de produção.
- iii. Pós 1980 – Esta etapa caracterizou-se, em primeiro lugar, pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, justificada dentro de um quadro crítico, especialmente de rejeição social e deterioração funcional. Em Segundo lugar, pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas, destinados ao mercado e não, exclusivamente, as necessidades de uma só empresa.

O avanço histórico da construção pré-fabricada aconteceu em épocas e de formas diferentes em cada país. Pode-se dizer que as primeiras construções que utilizaram grandes elementos pré-fabricados de concreto armado surgiram na Europa e que tanto os Estados Unidos quanto o Canadá e Brasil foram influenciados pela cultura da pré-fabricação europeia (OLIVEIRA - 2002).

De acordo com Pigozzo, Serra e Ferreira (2005), a evolução da indústria da construção civil ocorreu em muitas etapas, sendo que cada uma foi definida por sua diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias. Nos dias atuais verificam-se, em alguns subsetores modernos, sistemas construtivos e processos de gestão industrial eficiente. Entre estes sistemas, destacam-se os pré-fabricados em concreto armado.

A industrialização da construção civil é sinônimo de evolução, e a pré-fabricação é uma das maneiras para essa evolução acontecer, com controle de qualidade, aumento da produtividade e com redução dos custos.

5.2 DIFERENÇA EM PRÉ-FABRICADO E PRÉ-MOLDADO

O conceito da pré-fabricação frequentemente pode ser confundido com a de pré-moldagem. A norma ABNT NBR 9062/2017: Projeto e execução de estrutura de concreto pré-moldado distinguem os elementos pré-moldados dos pré-fabricados através do controle de qualidade da produção (ABNT NBR, 2017).

- i. Elemento Pré-moldado: Elemento que é executado fora do local de utilização definitiva na estrutura, com controle de qualidade menos rigoroso, em instalações de trabalho provisórias e sem necessidade de pessoal e laboratório próprio do fabricante.
- ii. Elemento Pré-fabricado: Elemento pré-moldado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obras, sob condições rigorosas de controle de qualidade, em instalações de trabalho permanentes e com pessoal e laboratório especializados para esta finalidade.

5.2.1 Controle de qualidade na pré-fabricação

A produção de peças pré-fabricadas exige um rígido controle de qualidade, sendo necessária a supervisão de todos os processos que envolvem a construção industrializada do concreto.

As etapas de produção e montagem, a qualidade do concreto, a especialização da mão-de-obra são então imprescindíveis.

A ABCIC - Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto - criou um selo de qualidade em que as empresas são auditadas por um organismo independente, no caso o IFBQ (Instituto Falcão Bauer de Qualidade). O IFBQ verifica se as plantas de produção atendem aos parâmetros de qualidade estabelecidos pelos critérios da Associação. Um dos objetivos deste selo é a garantia a qualidade do pré-fabricado ofertado ao mercado. Hoje, todas as empresas filiadas, ou ao se filiarem, devem aderir a este selo de qualidade.

Além disso todas as empresas pré-fabricadoras estão sujeitas a uma gama de normas ligadas à cadeia de projetos e produção de concreto.

Entre as principais normas da ABNT sobre a pré-fabricação elenca-se:

- i. NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto — Procedimento

- ii. NBR 12655 – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento
- iii. NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
- iv. NBR 14861 – Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos
- v. NBR 16258 – Estacas pré-fabricadas de concreto — Requisitos
- vi. NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado
- vii. NBR 14861 – Lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido — Requisitos e procedimentos
- viii. NBR 16258 – Estacas pré-fabricadas de concreto — Requisitos
- ix. NBR 16.475/2017 – Painéis de Parede de Concreto Pré-moldado - Requisitos e procedimentos

5.3 PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO NO BRASIL

Vasconcelos (2002) afirma que a imparcialidade do Brasil até os rumos finais da 2ª Grande Guerra e a sua distância possibilitou que o território nacional não sofresse qualquer tipo de impacto em grande escala. Esta isolamento física criou um cenário mais aprazível que o da Europa, não necessitando de uma produção de pré-fabricados em escala industrial. Por este motivo a aplicação deste método construtivo chegou tarde e foi pouquíssimo utilizado. Só em 1926 a primeira grande obra, utilizando elementos de pré-fabricação no Brasil, foi executada, o Hipódromo da Gávea, no Rio de Janeiro, onde foi utilizado diversas aplicações de elementos pré-fabricados.

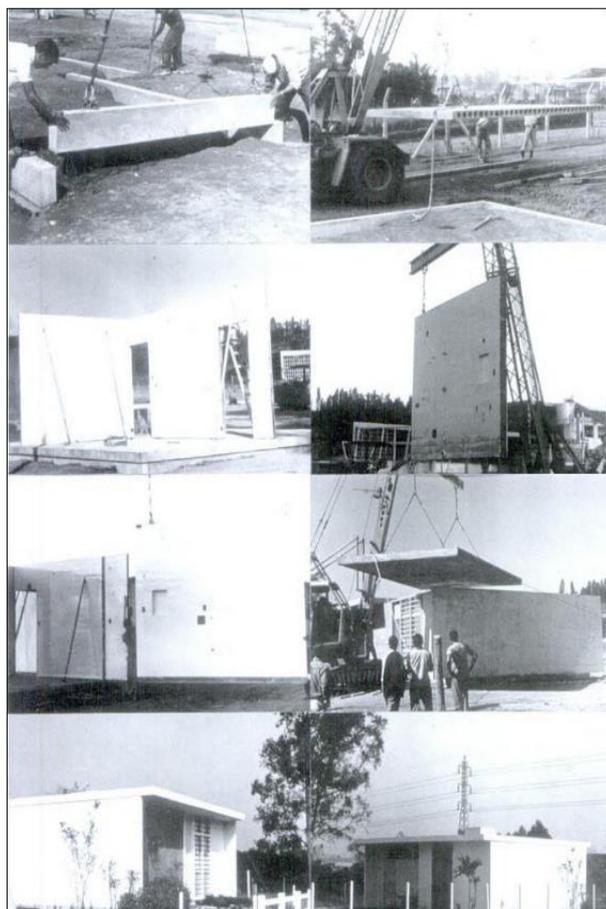
Conforme Vasconcelos (2002), em São Paulo a construtora Mauá, empresa pioneira em construções eficientes e industriais, na década de 50, executou em seu próprio canteiro de obra, galpões pré-fabricados. O processo utilizado nas construções desses galpões foi o de sobrepor as peças deitadas em uma sequência vertical, separando-as por meio de papel parafinado. Com isso não era necessário esperar que o concreto da camada anterior endurecesse, economizando tempo e espaço no canteiro de obras, podendo ser empilhados até 10 peças.

A execução da primeira obra residencial de vários pavimentos com estrutura pré-fabricada foi no conjunto residencial da universidade de São Paulo –

CRUSP, cidade universitária Armando Salles de Oliveira. Sendo inaugurado em 1964, trata-se de um conjunto residencial constituído por 12 prédios de 12 pavimentos, destinado a estudantes de outros estados, ingressantes na USP, projetado pelo Fundo de Construção da Universidade de São Paulo – FUNDUSP. Apesar da eficiência de execução, a falta de preparo e inexperiência dos profissionais resultou em inúmeros problemas devido à grande diferença do método construtivo usual ao adotado (Vasconcelos 2002).

Em 1965 foi fundada a Cinasa, a usina de pré-fabricação situada na divisa de São Paulo com São Bernardo do Campo, que já em 1966 teria capacidade de produzir por dia quatro unidades habitacionais. No próprio pátio da Cinasa foram construídas três tipos de casas térreas, visando atender a três tipos distintos de poder aquisitivo. Essas casas serviriam de treinamento pessoal, aprimoramento de detalhes e mostruário para eventuais interessados. Esse seria o primeiro passo para a industrialização de construções populares em São Paulo. A sequência de montagem de uma casa pré-fabricada é mostrada na Figura 1 (Vasconcelos 2002).

Figura 1 - Sequência de montagem de casa de 65 m² de área útil, na fábrica da Cinasa.



Fonte: Vasconcelos - 2002

No início da década de 1980, com a execução de obras industriais no Brasil, a pré-fabricação começa a ter maior visibilidade (ABDI, 2015). A construção civil brasileira vivenciou, nos últimos anos, avanços no uso dos pré-fabricados, especialmente em obras em que o prazo de execução é fator determinante, impulsionada pela escassez de mão de obra e pela necessidade de racionalizar recursos (LEONARDI, 2017).

5.4 A CONSTRUÇÃO CIVIL CONVENCIONAL

No Brasil há um tipo de construção que podemos chamar de padrão, a alvenaria convencional. Esta compõem-se de elementos como vigas, pilares e lajes de concreto armado, que sustentam e estruturam a edificação. A alvenaria tem como função a vedação e a separação de ambientes.

Conforme a pesquisa “Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra”, que faz parte da coletânea Habitare, há diversos motivos que levam a perdas no canteiro de obras neste modelo de sistema construtivo.

O consumo excessivo de material pode ocorrer em diversas fases do empreendimento, sendo elas a concepção, execução e utilização, conforme a tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Perda de materiais na concepção, execução e utilização.

Fases	Concepção	Execução	Utilização
Caracterização da perda	Diferença entre a quantidade de material previsto num projeto otimizado e a realmente de acordo com o projeto idealizado	Diferença entre a quantidade prevista no projeto idealizado e a quantidade efetivamente consumida	Diferença entre a quantidade de material prevista para manutenção e a quantidade efetivamente consumida num certo período
Parcela de perdas	Material incorporado	Material incorporado e entulho	Material incorporado e entulho

Concepção: Um projetista estrutural não explorar adequadamente os limites que o conhecimento atual permite e gerar, assim, uma estrutura com consumo de concreto por metro quadrado de obra muito elevado. O mesmo pode ocorrer quando a definição do traço para a argamassa de contrapiso leva a um consumo desnecessariamente alto de cimento.

Execução: Temos algumas possíveis fontes de perdas:

- i. ao receber o material pode ser entregue uma quantidade menor que a solicitada;
- ii. blocos armazenados de forma de inadequada podem quebrar com mais facilidade;
- iii. transporte do material (concreto, argamassa) com equipamentos inadequados;
- iv. Não seguir adequadamente o traço correto da argamassa, pode causar um sobre consumo na dosagem dela;
- v. Aplicação do gesso pode gerar alta quantidade de material endurecido não utilizado.

Utilização: Na utilização do empreendimento, a repintura da fachada representa um consumo de tinta maior que o esperado.

O desempenho do uso do material pode ser analisado por dois tipos de abordagem:

- i. Calculando o serviço por unidade de serviço, por exemplo, 15 kg de cimento por metro quadrado de contrapiso;
- ii. Calculando o valor das perdas, por exemplo, ao seu consumo teoricamente necessário de cimento para contrapiso é de 10 kg, o consumo indicado no exemplo anterior levaria a uma perda de 50%, ou seja, teria havido um consumo adicional de 5 kg de cimento em relação aos 10 kg definidos como necessários.

Uma dificuldade encontrada no trabalho foi quanto à definição da unidade através da qual se medem as perdas. Uma perda de 10% do volume de areia, contida em argamassas que endureceram e viraram entulho, pode ser bastante significativa sob o ponto de vista da quantidade de material que terá de ser retirada da obra, e do espaço necessário para o descarte dele, gerando prejuízo ao meio ambiente. Tais perdas, podem não tem tanta significância em termos financeiros, pelo empreendedor, comparado aos outros gastos referentes ao empreendimento.

Sempre deixar bem claro qual unidade está se mensurando as perdas: físicas (volume ou peso) ou financeira.

Existem também perdas que saem da obra como entulho e aquelas que ficam incorporadas à obra, por exemplo, na forma de sobreespessuras de revestimentos.

Na pesquisa foi abordado as perdas físicas de vários materiais, tendo-se como referência as prescrições de projeto. Por exemplo, o concreto usado nas estruturas, o consumo seria aquele definido na “cubagem” a partir das plantas de forma. No caso do cimento usado como revestimento da parede interna, o consumo real do cimento é confrontado com aquele calculado a partir da espessura de revestimento planejada e do traço da argamassa definido pela construtora. Sendo assim, não estamos fazendo análise das especificações, mas verificando os consumos que excedem os especificados.

6. DADOS E CARACTERÍSTICAS DA PRÉ-FABRICAÇÃO

A utilização de sistemas construtivos pré-fabricados está diretamente ligada à necessidade de expansão da oferta imobiliária, e da inovação tecnológica inerente ao produto a ser oferecido. Novas tecnologias têm surgido e suprido as necessidades de desempenho que o mercado nacional tem exigido, principalmente em grandes empreendimentos.

O conceito de pré-fabricados para utilização em construções é utilizado no Brasil há cerca de 50 anos, porém era restrito a um pequeno número de empresas detentoras de tecnologia, com mão-de-obra e incorporação própria e produto padronizado, que atendiam baixo e médio padrão.

Com o desenvolvimento do mercado imobiliário brasileiro a partir dos anos 2000, com advento de programas habitacionais como o Minha Casa, Minha Vida, surge a necessidade de grandes produções.

A Norma ABNT NBR 16.475:2016 - Painéis de parede de concreto pré-moldado - Requisitos e procedimentos – vem mudar todo um panorama existente. Anteriormente a publicação desta havia receio de investidores para empregar recursos necessários para a implantação de fábricas para uso de sistemas de pré-fabricados de painéis de concreto, pelo alto custo investido e necessidade de uma grande quantidade de unidades habitacionais para amortização do custo de implantação, somado à necessidade de obtenção de aprovação de documento de avaliação técnica no DAtec/SINAT.

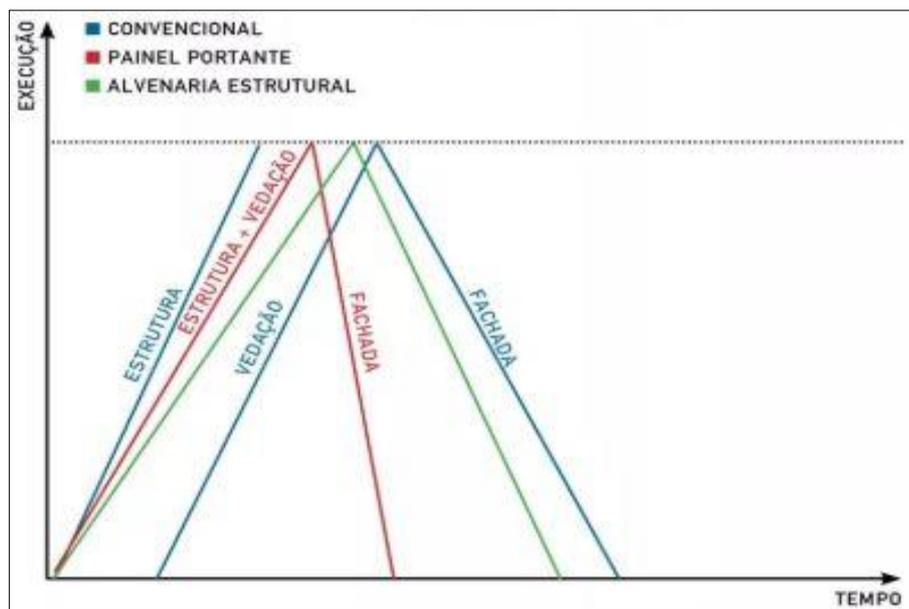
Em entrevista publicada na Revista Técnica, o engenheiro Augusto Pedreira de Freitas, especialista em construções pré-fabricadas, discerne sobre as diferenças de prazo de execução entre as técnicas construtivas convencionais, alvenaria estrutural e painel portante.

Num sistema convencional, executa-se a estrutura num ciclo normal de uma laje por semana; a partir de quatro pavimentos (um mês), inicia-se a alvenaria, que termina em um a dois meses após a execução da estrutura. Terminada a estrutura, iniciam-se a fachada e os acabamentos internos, resultando em mais um prazo relevante para a conclusão da obra. Num sistema de alvenaria estrutural, executa-se a estrutura (junto com as vedações) num ciclo normal de uma laje a cada oito dias. O acabamento interno e alguns serviços de fachada são iniciados antes de terminar a estrutura, mas o revestimento e o acabamento da fachada se iniciam

apenas após a conclusão da estrutura. O prazo para a conclusão do edifício, após a conclusão da estrutura, é menor que o da estrutura convencional, mas ainda assim precisa de algum tempo. No sistema de painel portante, executa-se a estrutura (junto com as vedações) num ciclo normal de uma laje a cada quatro dias. O acabamento interno é iniciado antes de terminar a estrutura e o acabamento da fachada é uma simples pintura. Com isso, um mês após a conclusão da fachada, ou estrutura, já temos a conclusão do edifício. O gráfico abaixo exemplifica isso, e os resultados obtidos indicam uma redução de prazo do empreendimento da ordem de 25% a 30%, em relação ao convencional, e de 10% a 20%, em relação à alvenaria estrutural.

Também se observa graficamente na figura 2 abaixo os prazos a que se referem a citada entrevista.

Figura 2 - Sequência executiva: sistema convencional, alvenaria estrutural e painel portante.



Fonte: <https://techne.pini.com.br/2017/10/nbr-16-475-deve-incentivar-uso-de-paineis-de-parede-de-concreto-pre-moldado-no-brasil/>

O sistema de estruturas pré-fabricadas de concreto pode ser empregado em toda gama de obra, principalmente naquelas que há grande repetição de peças. A fácil execução, o maior controle tecnológico, além de eliminar escoramentos, a pequena produção de resíduos e a racionalização de recursos são os grandes benefícios dessa forma construtiva. Mesmo sendo eficiente, ela é pouco utilizada no Brasil no ramo habitacional.

De acordo com dados recentes do setor de pré-fabricados realizada pela Fundação Getúlio Vargas, a área que mais utiliza esse sistema é a dos shopping centers, destino de 20,3% do total produzido no País, logo após vem o segmento industrial que utiliza 19,6%, o de infraestrutura que detém 14,3%, e de grandes centros de distribuição e logística que ficam com 13,5%. No ramo residencial, nem com o programa habitacional Minha Casa Minha Vida houve disseminação para esse sistema. Esse segmento representa somente 4,2% do mercado.

Segundo a presidente-executiva da Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), Íria Lícia Oliva Doniak (2015), a grande barreira para o uso habitacional é o alto custo, em especial nos imóveis de baixa renda, onde as margens de lucro são menores. Íria diz que a alta tributação que incide sobre o pré-fabricado de concreto é um dos maiores entraves, A tributação é feita por dois impostos o ICMS (Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) que gira em torno de 17% para elementos produzidos fora do canteiro de obras e 11% para elementos produzidos no canteiro, e o ISS (Imposto sobre serviço) que é cerca de 5%. Também entram como fatores que geram o pouco uso, a falta de equipamentos adequados, que impedem a construção de grandes torres residenciais e corporativas, além dos problemas logísticos dos grandes centros urbanos que dificultam o transporte e movimentação das peças nos canteiros.

Para optar por esse sistema construtivo, é de extrema importância que haja um estudo de viabilização de uso que considere parâmetros como localização, terreno levando em conta características geotécnicas, projeto arquitetônico, logística e equipamentos de montagem.

Há normas técnicas que baseiam os projetos - NBR 9.062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado, NBR 6.118 - Projeto de Estruturas de Concreto e a NBR 14.861 - Lajes Alveolares Pré-moldadas de Concreto Protendido. Eles devem considerar as etapas pelas quais as peças e a estrutura vão passar até chegar à condição para uso.

"As fases são fabricação, desenforma, manuseio, estocagem, transporte, montagem transitória de construção e ligações definitivas. Vale lembrar que as ligações entre peças são o coração da estrutura. Elas devem ser detalhadas de modo que a estrutura real funcione de acordo com o que foi previsto na análise estrutural", explica Eduardo Millen, diretor da Zamarion e Millen e conselheiro da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece).

O projeto já deve ser feito prevendo a racionalização, para assimilar todos os benefícios trazidos junto com os pré-fabricados, como rapidez, economia e qualidade advinda da padronização e repetição proporcionada pelo sistema.

"Ao adaptá-los a partir de projetos concebidos para estruturas convencionais, perdem-se as vantagens da repetitividade de peças. Nos convencionais, os vãos e os pés-direitos não são iguais, e há variação na direção das lajes, o que pode resultar em estruturas não tão econômicas e com maior prazo de execução". explica Eduardo Millen, diretor da Zamarion e Millen e conselheiro da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (Abece).

Devemos salientar que estruturas pré-fabricadas exigem a antecipação de projetos, porque as peças tem o início de fabricação durante a fase de fundações. Portanto se torna fundamental a definição prévia de detalhes como insertos, aberturas e apoios especiais que serão necessários aos demais sistemas incorporados às peças pré-moldadas, isso evita retrabalhos e atrasos. Ainda no projeto básico, devem ser definidos os locais onde passarão as redes hidráulicas, de incêndio, elétricas, de ar-condicionado e outras instalações.

Ao realizar uma comparação das formas de construção tradicionais e materiais de construção, os sistemas pré-fabricados, como método construtivo, e o concreto, como principal material, têm características muito positivas. Trata-se de uma forma industrializada de construção com muitas vantagens elencadas a seguir.

a) Produtos feitos na fábrica:

A maneira mais efetiva de industrializar o setor da construção civil é a transferência do trabalho que antes era realizado nos canteiros para fábricas modernas. A produção em uma fábrica dá possibilidade de processos produtivos mais eficientes e racionais, garante também trabalhadores mais especializados, alta produtividade, alto controle de qualidade entre outros. A grande concorrência e os consumidores mais exigentes estão forçando a indústria da construção civil a se atualizar, aumentando a sua eficiência e melhorando as condições de trabalho através do desenvolvimento e inovação tecnológica e de sistemas e processos construtivos mais atuais.

b) Uso otimizado de materiais:

O sistema de pré-fabricação tem um grande potencial econômico, alto desempenho estrutural e durabilidade comparado as construções moldadas in-loco, isso se dá pelo uso potencializado e otimizado dos componentes. Isso só é obtido por intermédio do uso de equipamentos mais modernos e de procedimentos de fabricação elaborados de maneira mais cuidadosa. A pré-fabricação utiliza equipamentos controlados por computador na preparação do concreto. Aditivos e adições são usados para atingir os desempenhos mecânicos especificados para cada tipo de concreto. O adensamento e lançamento do concreto são feitos em lugares fechados, com equipamentos otimizados. A relação entre água e cimento pode ser reduzida e o adensamento e cura são feitos em condições monitoradas. O resultado deste processo é o concreto ser adaptado aos requisitos de cada componente para minimizar o uso dos materiais mais caros. A eficácia da mistura é superior a do concreto moldado in-loco. O concreto de alto desempenho CAD , que se trata do concreto com resistência superior a 50 MPa, é muito utilizado na pré-fabricação. Os grandes benefícios das estruturas pré-fabricadas estão diretamente ligados com a eficiência estrutural que possibilita o uso de elementos esbeltos e a otimização de materiais. Outro ponto positivo é o aumento da duração contra congelamento e agentes químicos. As maiores vantagens são alcançadas nos elementos comprimidos, especialmente os pilares.

Nas vigas, a utilização de maiores resistências no concreto permite o uso da protensão. Isso demonstra a possibilidade de se usar mais cabos de protensão e, por consequência, uma capacidade última de flexão maior, juntamente com momento de fissuração e carga de serviço maiores. O concreto auto adensável é uma solução atual e promissora para a pré-fabricação. Enquanto que a resistência alta está focada na otimização do desempenho, resistência e durabilidade, o concreto auto adensável gera um impacto positivo ao processo de produção, pois não é necessário vibração. Por isso, há vantagens, como: pressão menor nas formas; rapidez e facilidade no processo de moldagem, em especial para seções delgadas e complicadas, o que gera menor quantidade de bolhas de ar na superfície da peça. O concreto protendido é bastante utilizado na pré-fabricação, pela facilidade de uso das pistas de protensão.

c) Menor tempo de construção

É preciso menos da metade do tempo necessário para construção moldada in-loco. Devido à demora dos métodos construtivos tradicionais, os atrasos na construção são aceitos. Entretanto, a atual demanda por um retorno rápido do valor investido está exigindo obras mais rápidas e que cumpram cronograma inicial sem atrasos e sem custos adicionais.

d) Qualidade

O objetivo é conseguir que os produtos e serviços correspondam as expectativas do consumidor. Isso tem início no estudo do projeto, seguindo com a produção das peças e com o respeito ao cronograma de entrega e de montagem do sistema pré-fabricado. A garantia da qualidade durante a fabricação baseia-se em quatro pontos: 1) mão-de-obra; 2) instalações e equipamentos na fábrica; 3) matéria-prima e processos operacionais; 4) controle de qualidade na execução.

A supervisão da qualidade tem base em um sistema de autocontrole. O sistema de controle da produção na fábrica consiste em procedimentos, instruções, inspeções regulares, vários testes e utilização dos resultados dos equipamentos de controle, matéria-prima, e outros insumos, processos de produção e produtos. Os resultados da inspeção são registrados e ficam disponíveis aos clientes.

e) Oportunidade para boa arquitetura

No contexto da pré-fabricação aberta, o projeto do edifício não fica restrito aos elementos produzidos em série e quase todo tipo de edificação pode se adaptar aos requisitos do consumidor. Porém isso gera um custo elevado visto que no Brasil o sistema só é viável para obras em que há repetição de peças.

f) Eficiência estrutural

O sistema pré-moldado oferta recursos para aumentar a eficiência estrutural. Grandes vãos e redução da altura efetiva são obtidos usando concreto protendido para vigas e lajes. Nas construções industriais e comerciais, os vãos do piso podem chegar a 40 m. Para estacionamentos, o pré-fabricado permite uma maior quantidade de carros colocados na mesma vaga, por causa dos vãos e das seções de pilares mais esbeltas. Isso oferece flexibilidade na construção, e maior vida útil da edificação, pois há como adaptar para novos usos apesar de não ser tão

simples. Dessa maneira, a construção retém seu valor comercial por um tempo maior.

g) Flexibilidade no uso

Alguns tipos de construções devem ser adaptáveis devido às necessidades dos usuários, como o caso de escritórios, onde a melhor solução é criar um espaço interno livre grande e com nenhuma ou pouca restrição, para a adaptação e possíveis subdivisões com divisórias.

h) Adaptabilidade

Futuramente, haverá necessidade de menos demolição de edificações e mais demandas para adaptar as construções já existentes para as novas exigências. Os principais motivos para essa atitude serão os altos custos que geram uma demolição devido ao barulho, poeira, problemas com tráfego e outros problemas. Todavia depois aproximadamente 50 anos, um prédio comercial torna-se menos atrativo para locação, e o proprietário pode querer modificar algumas coisas, como por exemplo, a fachada. O projeto deve facilitar essas mudanças, sem ser necessário demolir toda a estrutura. A concepção da edificação inteira tem que considerar a vida dos diferentes componentes, como: estrutura portante acima de 100 anos; fachada acima de 30 anos; e serviços acima de 20 anos. Assim sendo, todos os subsistemas, da estrutura principal, precisam ser projetados para que se possa trocar de renovar levando em conta a vida útil da construção, evitando a demolição. Deve possibilitar as reformas periódicas, maiores modificações, substituição e melhorias da construção.

i) Material resistente ao fogo

Para edificações pré-fabricadas, todos os tipos de componentes, sem medida especial de proteção, atingem a exigência de resistência ao fogo de 60 minutos podendo aumentar de 90 a 120 minutos aumentando o cobrimento da armadura.

j) Construção menos agressiva ao meio ambiente

A preservação do meio ambiente tornou-se um assunto globalmente importante. Mas, a maioria das atividades feitas na área da construção civil ainda gera um alto impacto sobre o meio ambiente falando em consumo de energia,

utilização não racionalizada de recursos naturais, poluição e desperdício durante a produção. No contexto de uma relação melhor com o meio ambiente, a indústria do concreto pré-fabricado apresenta-se como uma alternativa viável com redução de materiais de até 45%; redução do consumo de energia em até 30%; diminuição do desperdício com demolição de até 40%. O que gera também um canteiro de obras mais limpo e organizado, visto que as peças já vêm prontas para a obra.

7. VANTAGENS E DESVANTAGENS

Há cada vez mais demanda de processos industrializados no canteiro de obras, partindo desse conceito a pré-fabricação é uma ótima opção, no entanto são inúmeras as vantagens, assim como as desvantagens, comparado ao método de construção tradicional. Segundo Mello et al (2015) podemos citar dentre as vantagens:

- a. Menor prazo de execução da edificação, o que por sua vez resulta em economia total da obra;
- b. Redução do numero de operários no canteiro de obras. Por ter sua produção fora do canteiro de obras, há uma otimização, ou seja, redução dos operários, uma maior organização e limpeza e conseqüentemente economia de mão de obra, por não haver necessidade de desforma e cimbramento;
- c. Desenvolvimento de tarefas sem interrupções;
- d. Padronização das tarefas para um mesmo processo.

Dentre as desvantagens Mello et al (2015) destacam:

- a. Limitações relacionadas aos equipamentos de transportes e montagens;
- b. Restrições a movimentação no canteiro de obras;
- c. Dificuldade de transportes em grandes centros;
- d. Limitações de formas arquitetônicas.

8. EXEMPLOS DE EMPRESAS NO SETOR

No Brasil temos hoje diversas empresas atuando no ramo da construção residencial pré-fabricada. A industrialização da construção civil já é uma realidade e embora ainda seja pouco utilizada tende a crescer. Listamos abaixo alguns exemplos de empresas com diferentes tipos de sistemas construtivos industrializados.

8.1 DOMUS POPULI

Fundada em 2010, na cidade de São Paulo sobre o denominação de MCM Cimentos S.A, com objetivo de explorar o mercado de cimento do Brasil, em abril de 2011, adotou a denominação de Domus Populi Participações S.A e atua no mercado imobiliário tendo como sua principal fonte a fabricação de casas e edifícios pré-moldados de concreto, especializada em soluções habitacionais usando um sistema construtivo industrializado de pré-fabricados, executando obras residenciais com investimento em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para desenvolver produtos inovadores e competitivos garantindo qualidade e sustentabilidade em seus processos e produtos (Domus Populi).

Usando um sistema construtivo a partir de pré-fabricados a empresa apostou na construção racionalizada garantindo rapidez na montagem, com baixo índice de resíduos e preço competitivo.

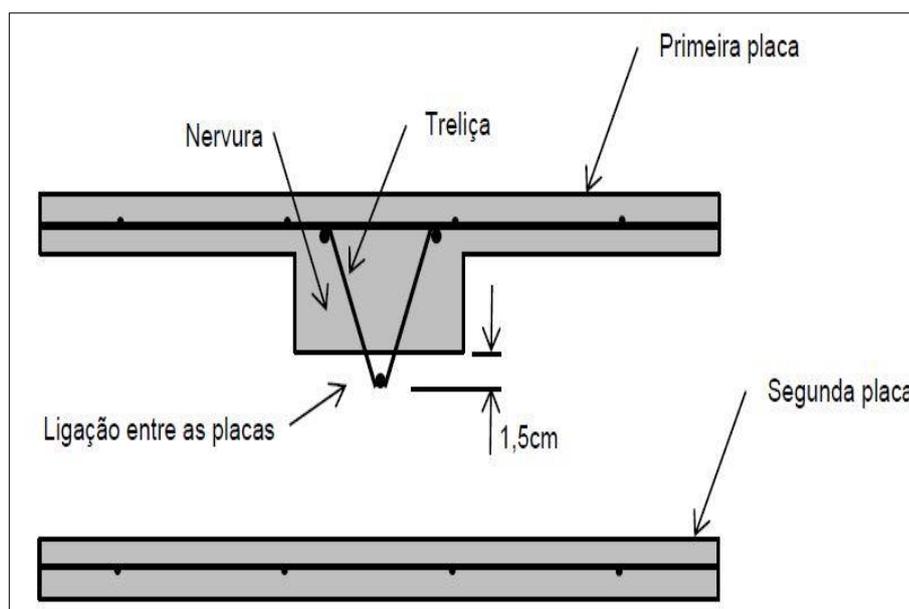
A empresa possui avaliação técnica do seu produto concedida pelo IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, com validade de Novembro de 2018 a Outubro de 2020, para a concessão do DATec Nº 024-B, resolveu conceder ao “Produto DPB” de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado para paredes o Documento de Avaliação Técnica Nº 024.

Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de edificações habitacionais de até cinco pavimentos e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica. Apesar de estar num ramo comum ela também pode ser utilizada em obras residenciais.

O documento supracitado apresenta o método fabril utilizado para a produção de painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado e estabelece os limites de da avaliação técnica e do uso das paredes.

A fabricação dos painéis é feita sob formas horizontais, em duas etapas distintas. Num primeiro momento é realizada a concretagem de um dos lados do painel, sendo este o lado que contém o quadro externo e nervuras. Após a cura é realizado o saque desta peça. Então é realizada a concretagem da outra face do painel, sendo que neste momento, com o concreto ainda fresco, posiciona-se a primeira face sobre esta. A ligação entre estas faces é realizada por meio da treliça, conforme esquema constante no documento, apresentado na figura 3 abaixo.

Figura 3 - Ligação entre as placas do painel



Fonte: DATec número 24 B

A análise técnica considerou diversos aspectos referentes ao desempenho da construção com este modelo. No quesito desempenho estrutural o documento descreve que foram feitos ensaios de impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, resistência à solicitação de peças suspensas e comportamento sob efeito de ações transmitidas por portas e não foram verificadas ocorrências, concluindo-se que as paredes do sistema construtivo atendem às exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 002 – Revisão 02.

A estanqueidade também foi analisada e conclui-se que é satisfatória, em relação as paredes internas e a ação de água de uso e lavagem. Isto se dá em função do material empregado na construção do painel, que tem concreto com $f_{ck}=40$ MPa empregado na construção do painel, e acabamento das juntas internas, além do revestimento da superfície interna das paredes com placas cerâmicas.

O desempenho térmico foi avaliado por simulações computacionais, e constatou-se que, para a zona bioclimática³ (cidade de São Paulo - SP), zona bioclimática 7 (cidade de Cuiabá – MT) e zona bioclimática 8 (cidade de Belém – PA), o sistema de painéis da Domus atende os critérios mínimos de desempenho.

Ensaios também foram feitos para medir o índice de isolamento sonora, e foi considerado satisfatório o resultado, com algumas observações. O produto oferece condições para atendimento às normas vigentes, porém deve ser considerado o conjunto construtivo, compatibilizando o desempenho acústico com os demais elementos da unidade habitacional.

A durabilidade do conjunto também foi atestada com potencial atendimento a VUP de 50 anos, conforme dados do referido DAtec.

A segurança ao fogo também foi objeto de estudo e constatou-se após ensaios que, até mesmo pelo material empregado à produção do produto, o sistema atende às especificações quanto à segurança.

A montagem com o auxílio de guindastes e guas possibilita rapidez à obra. Para tanto é necessário um estudo de locação no canteiro, posicionando o equipamento de içamento e as peças de forma adequada, conforme nota-se na figura 4.

Figura 4 - Exemplo de montagem realizado pela Domus Populi



Fonte: arquivo Domus Populi

A Domus Populi também teve outro processo de construção, optando pela fabricação diretamente nos canteiros, eliminando o transporte. Desta maneira era realizada a montagem de uma linha de produção no canteiro, com todos os equipamentos necessários para a fabricação das peças.

A substituição da estrutura reticulada e alvenarias por painéis maciços de concreto, conforme figura 5, é um diferencial do sistema construtivo. A colocação de pré-lajes com pontos de elétrica e passagens posicionadas na fabricação e a solidarização destas peças é feito “in loco” por meio de capa de concreto.

Figura 5 - Prédio com Painéis Portantes



Fonte: arquivo Domus Populi

As ligações dos painéis são realizadas em graute com vedação em mastique de poliuretano. O apoio dos painéis sobre a laje dispõe de pingadeira, conforme se observa na figura 6.

Figura 6 - Montagem dos painéis sobre a laje



Fonte: arquivo da Domus Populi

O método construtivo pode ser aplicado para edifícios de até 12 pavimentos. Como pode ser realizada a pré-fabricação no próprio canteiro o sistema não está sujeito às limitações de transporte, sendo aplicável em qualquer região do país. Requer alto aproveitamento de guias e pórticos sendo que estes possibilitam a montagem de até 5 pavimentos. Na figura 7 abaixo vê-se o içamento com o auxílio de uma grua e na figura 8 há a montagem com a utilização de um pórtico.

Figura 7 - Painel portante sendo transportado com grua



Fonte: arquivo da Domus Populi

Figura 8 - Montagem da pré-laje com pórtico



Fonte: arquivo da Domus Populi

A fabricação dos painéis é feita em baterias de fôrmas metálicas verticais (figura 9) e podem receber frisos com alto ou baixo relevo.

Figura 9 - Preparo e Montagem da bateria



Fonte: arquivo da Domus Populi

Antes do fechamento das gavetas é necessária a introdução da armadura, dos conduítes e caixas elétricas conforme vê-se na figura 10 abaixo.

Figura 10 - Posicionamento das armaduras, conduítes e alças e fechamento das gavetas



Fonte: arquivo da Domus Populi

8.2 SUDESTE PRÉ-FABRICADOS

Fundada em 1992 na cidade de Nova Odessa, tem como atividade principal a construção de estruturas pré-fabricadas buscando atender ao seguimento de construções pré-moldadas teve um grande investimento em sua unidade fabril localizada na cidade de Americana – SP onde trabalha com um sistema construtivo composto de painéis duplos pré-fabricados em duas placas de concreto unidas por treliças de aço, formando uma parede estrutural dupla (Sudeste Pré-Fabricados).

Esses painéis podem chegar a 3,30m de altura por 13,30m de comprimento, com uma espessura de 0,15m a 0,37m. No caso de obras com painéis duplos e lajes treliçadas a concretagem é feita simultaneamente do vazio entre as placas de paredes duplas e a laje, tornando uma estrutura monolítica (Téchné, 2019). Na figura abaixo (figura 11) temos uma obra realizada com o método. Nota-se o fechamento por painéis e a diversidade de elementos como portas e janelas.

Figura 11 - Construção com paredes duplas - Sudeste Pré-fabricados.



Fonte: Foto disponível em < <https://sudeste.com.br/produto/parede-dupla-sdt/> > acesso em 20/05/2019

Caracterizando uma estrutura laminar, formada por painéis sem pilares e vigas, sendo uma estrutura parede-laje. Dependendo do projeto as portas e janelas podem ser anexadas às paredes no processo de produção. As placas dos painéis tem uma espessura que pode variar de 4,5 cm a 7,0 cm, sendo que a parede dupla varia entre 15,0 cm a 37,0 cm, tendo como resistência mínima do concreto 40,0 MPa, podendo ser aumentada de acordo com o projeto. O módulo de deformação é de 25 GPa (Téchne, 2019).

É usado um software específico nesse processo, onde o mesmo envia todas as informações para a execução das paredes duplas, calculando também o peso dos painéis, guindaste específico para movimentação e melhor posicionamento evitando mudanças desnecessárias do painel (Téchne, 2019).

O emprego de muita tecnologia é envolvida no processo de fabricação dos painéis, passando por várias etapas, primeiro um projetor laser mostra a marcação exata onde devem ser colocadas as régua de aço para dar forma a cada painel, em seguida outro projetor laser mostra onde serão posicionada as caixas de força, aberturas para ar condicionado, portas, janelas, etc. (Téchne, 2019).

Após essas marcações são colocadas as barras de aço, telas, treliças, reforço nas aberturas de acordo com cada projeto, em seguida é feita a conferência antes de sua concretagem (Téchne, 2019).

Após liberado pela qualidade uma mensagem é enviada à central de concreto com os dados necessários para cada parede, o concreto é controlado por peso.

Logo após a vibração é feita por um sistema denominado "shaking" (vibração somente na horizontal), terminando esse processo o palete é depositado na câmara de cura.

Após esse processo os painéis duplos são retirados e seguem para o estoque, onde são estocados na sequência em que serão montadas, a montagem é feita por dois funcionários sendo possível a montagem de até 500m² de paredes duplas por dia, já na montagem de residência é necessário um terceiro funcionário para preparar o escoramento das lajes (*Téchne, 2019*).

8.3 KRONAN SISTEMA CONSTRUTIVO

Fundada em 2013, na cidade de Itupeva - SP atua na construção utilizando um sistema inovador, com equipamentos modernos para a produção de paredes de concreto armado. (*Kronan Sistema Construtivo, 2019*).

Seu sistema construtivo baseia-se na montagem de placas de concreto armado e lajes alveolares protendidas. A solução substitui pilares, vigas e alvenarias reduzindo a quantidade de atividades no canteiro de obra, já que boa parte das instalações e acabamentos chega pronta da fábrica.

O sistema construtivo de placas de concreto armado da Kronan foi desenvolvido em conformidade com a NBR 16.475 – Painéis de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos. Ele permite trabalhar com amplas aberturas e vãos livres de até 20 m. Os equipamentos são provenientes da Finlândia, sendo que a tecnologia foi desenvolvida pela empresa no Brasil.

A empresa fornece soluções para quase todos os tipos de obra, desde residências individuais até empreendimentos comerciais ou habitacionais, atendendo construções com até 40 andares (*Téchne, 2016*).

A Kronan tem participado ativamente de projetos especiais de grande alcance ao público, como por exemplo, na participação da construção da Casa Aqua (Figura 12).

Figura 12 - Casa Aqua - Mostra Casa Cor 2016



Fonte: arquivo da Kronan

Esta é uma casa com conceito sustentável, apresentada na Casa Cor São Paulo 2016. Para este projeto de 50 m² a empresa produziu 30 peças em uma semana, com a montagem realizada em dois dias. Por tratar-se de uma mostra, foi idealizado um sistema com ligações parafusadas (figura 13), permitindo assim que haja a desmontagem e futura montagem em outra localidade.

Outra peculiaridade do produto é referente ao traço utilizado na confecção dos painéis, com a aplicação do uso de argila expandida no lugar do agregado graúdo, proporcionando um isolamento acústico similar ao concreto pesado, porém um isolamento térmico superior, tornando também o produto mais leve proporcionando maior facilidade no transporte e montagem.

Figura 13 - Detalhe do sistema construtivo - montagem da Casa Aqua



Fonte: foto disponível em <<https://techne.pini.com.br/2016/08/como-construir-pre-fabricados-compoem-prototipo-da-casa-aqua/>> Acesso em 20/04/2019

Na FEICON 2019 a Kronan também teve participação em um projeto que ganhou bastante espaço na mídia – a CASA 24h (Figura 14). Por meio de uma parceria entre diversas empresas foi construída uma casa de 45m² em três turnos de oito horas. O aspecto de destaque do projeto é a integração entre engenharia e arquitetura que resulta em sustentabilidade, qualidade, conforto e durabilidade a custos competitivos.

Figura 14 – Montagem da Casa 24h



Foto disponível em <<https://www.ateliedetextos.com.br/inovatech>> Acesso em 20/04/2019

8.4 WERKE CONSTRUÇÕES

Fundada em 2000, na cidade de Atibaia-SP atua no segmento da construção civil usando um método construtivo denominado tecnologia Regicon®, utilizando placas de alvenaria convencional industrializadas de tijolo cerâmico já rebocadas em ambas as faces, prontas para receber acabamento.

Segundo a Werke, esse método permite a construção de uma residência de qualquer tipo de projeto, sendo baixo, médio ou alto padrão, exigindo apenas quatro profissionais no canteiro de obra e uma redução de 90% no volume de entulho e 60% o tempo de execução comparado com uma construção convencional. Seu sistema construtivo pode ser aplicado também para edifícios comerciais de baixo, médio ou alto padrão, tanto no sistema convencional ou estrutural, assim como para galpões industriais ou logísticos. (Werke construções).

As placas têm um tamanho padrão definido, sendo as placas comuns de 1,10 x 2,80m, as especiais com pé-direito duplo com 1,10 x 5,60 e as placas para galpões com 9,0 x 1,10m.

Estas placas são instaladas sobre a viga baldrame ou radier com argamassa de cimento areia ou concreto, e o travamento após o prumo e esquadro é feito com escoras de apoio. As instalações elétricas e hidráulicas sobem ou descem a cada 1,10m, distância dos travamentos.

A Werke, após a produção na fábrica, realiza a descarga das placas na obra, posiciona as placas nos pontos previamente marcados, sendo que faz esta operação com uma placa a cada vinte minutos. Realiza então a concretagem dos pilares de travamento das placas. Após 5 dias faz a aplicação de acabamento. Nota-se o fechamento por placas na figura 15.

As placas podem ser utilizadas no sistema convencional com a junção realizada por graute ou no sistema estrutural, dependendo da necessidade do projeto.

Figura 15 - Obra com sistema construtivo Werke

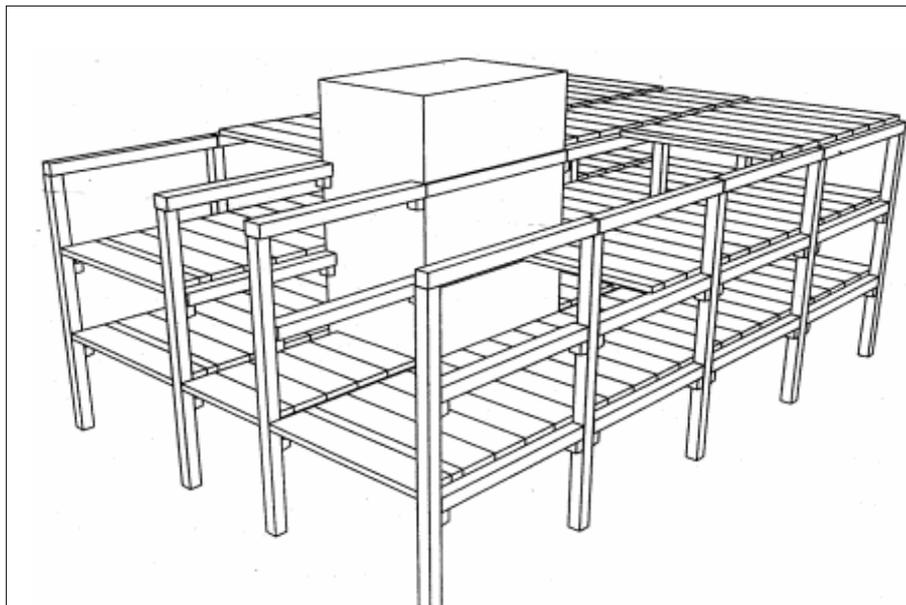


Fonte: Foto disponível em <<http://werkeconstrucoes.com.br/construtora/>> Acesso em 25/04/2019

9. DIFERENÇAS ENTRE SOLUÇÕES PRÉ-FABRICADOS

Ainda sobre a construção de pré-fabricados, existe um grande número de soluções para o mesmo projeto, um bastante usado na construção pré-fabricada é a estrutura esqueleto, demonstrado na figura 16.

Figura 16 - Exemplo de construção "esqueleto".



Fonte: Manual do concreto pré-fabricado

Formada de pilares, vigas e lajes esse tipo de solução é mais utilizado para prédios de até oito pavimentos. Esse conceito, também proporciona ao arquiteto uma grande liberdade na escolha do seu fechamento, sendo ele de alvenaria, com fechamento em bloco cerâmico (Figura 17), painéis de concreto e mistos.

Usando o tipo convencional a alvenaria tem a função de fechamento e dividir os ambientes normalmente é utilizado bloco cerâmico, tendo como vantagens uma disponibilidade de mão de obra e materiais e possibilidades de alterar o projeto futuramente. Porém suas desvantagens é o custo elevado na execução, maior tempo de construção e grande volume de resíduos.

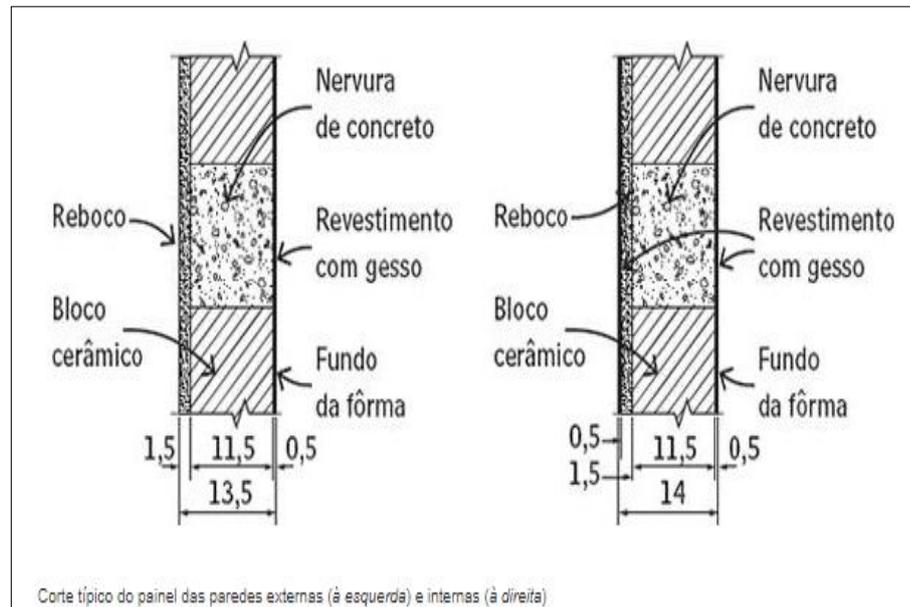
Figura 17 - Prédio em alvenaria convencional de vedação.



Fonte: Foto disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/prod/e/vedacao-racional-e-alvenaria-estrutural>> Acesso em 27/04/2019

Já os painéis de concreto pré-fabricado misto, não possuem função estrutural e são apenas utilizados para vedação. Esses painéis recebem reforços de nervuras de concreto armado, com barras de aço CA 50 e/ou CA60, dependendo da especificação do projeto, recebendo uma camada de revestimento de 1,5 cm de argamassa em sua face externa e uma de 0,5 cm de gesso em sua face interna chegando a uma espessura final de 14cm, como podemos ver na figura abaixo (Figura 18), esses painéis são pré-fabricados mistos, produzidos em blocos cerâmicos de 11,5x19,0x29,0cm com nervuras dispostas na vertical e horizontal do painel, para esse processo é utilizado um concreto de F_{ck} de 40 MPa aos 28 dias, tendo como módulo de elasticidade 39 GPa (28 dias) e resistência mínima de 15 MPa, atingida após 16 horas da sua concretagem (techne17 2019).

Figura 18 - Corte típico do painel das paredes



Fonte: Manual do concreto pré-fabricado

As peças são produzidas de acordo com a execução do projeto, onde a produção é preparada pela manhã e concretadas a tarde para ser desenformadas no dia seguinte, uma vez liberada pelo controle de qualidade é transportada até obra e içada por guindaste diretamente da carreta a fim de evitar retrabalho e movimentação desnecessária no canteiro de obra os painéis chegam até 4 m, de comprimento e uma altura que pode variar de acordo com o projeto podendo variar entre 2,30 m e 2,59 m (techne17, 2019).

Tendo como vantagem a rapidez na construção, segundo a empresa (Precon Engenharia) um prédio de 4 andares (Figura 19) pode ser construído em 20 dias e um de 8 andares em 42 dias. Além de contar com um número menor de funcionários no canteiro e uma quantia quase nula de resíduos no final da obra. Porém suas desvantagens estão na falta de pessoal especializado, custo elevado no transporte, custo inicial alto que requer uma continuidade de peças para baratear o processo (Franco, 2005).

Figura 19 - Obra finalizada.



Fonte: Foto disponível em: <<https://www.aecweb.com.br>> Acesso em 24/04/2019

Por volta dos anos 50, surgiam os painéis de concreto como sendo solução para tentar recuperar a destruição causada pela guerra, no entanto após os anos 60 esse método teve um declínio considerável por sua limitação arquitetônica (SILVA e PERTEIRA, 2001).

Segundo o Engenheiro Augusto Guimarães Pedreira de Freitas, com o auxílio do programa do governo em 2010 essa tecnologia vem ganhando força novamente com o programa minha casa minha vida, chegando a ser construídos 42 apartamentos por dia em todo país utilizando esse sistema,

De acordo com Pedreira de Freitas (1993), os painéis portantes são executados pela pré-moldagem de elementos em concreto armado, podendo ser fabricados na fábrica e transportados até o local, ou até mesmo fabricados na própria obra assim eliminando os custos relacionados ao transporte, os painéis portantes, os painéis são maciços dispensando a utilização de pilares no projeto uma vez que as próprias paredes tem a função estrutural do projeto.

Sua montagem deve obedecer a uma sequência pré-definida e ter um controle rigoroso na execução das fundações, pois os outros elementos pré-moldados seguem de maneira automática os posicionamentos pré-definidos (METHA,1993).

Esse sistema necessita de um alto investimento inicial, pois é necessário a aquisição de formas equipamentos para montagem e treinamento. Segundo

Pedreira de Freitas, "a tecnologia não pode ter falhas que seriam aceitas numa estrutura convencional, pois isso exigirá reforços caros e gerará patologias que pode comprometer a aceitação do usuário final"

Sendo assim se trata de um sistema com restrição não tornando viável para qualquer cliente, como na construção brasileira não é considerado uma tecnologia convencional, quem se propõe a utilizá-la necessita da DAtec/Sinat, onde a burocracia entre apresentação de materiais, ensaios e análise é tudo muito demorado mesmo sabendo o resultado que vai dar "Afinal é tudo parede de concreto" (Pedreira de Freitas).

Figura 20 - Montagem de obra.



Fonte: Cimento Itambé

A imagem acima (Figura 20) mostra a organização do canteiro em obras de paredes portantes, sem a necessidade de escoras e com uma equipe reduzida para grandes empreendimentos, esse sistema exige uma grande atenção quanto à estanqueidade uma vez que um dos grandes problemas nesse tipo de solução se dá através de infiltração, uma solução adotada pela construtora Pedreira de Freitas, foi a criação de lajes com uma gola de proteção, onde cobre os encontros entre parede e lajes, tendo sua face preenchida com um impermeabilizante evitando o processo de infiltração futuro no imóvel e futuras patologias decorrentes dessa falha de montagem. Na figura abaixo (Figura 21) o detalhe da "gola de proteção".

Figura 21 - Detalhe da "gola de proteção", uma solução adotada pela construtora Pedreira de Freitas.



Fonte: arquivo pessoal CANOVA, 2019

Em 2009 a Sudeste, empresa localizada no interior de São Paulo, começou a oferecer um sistema de paredes duplas (Figura 22), autoportantes de concreto pré-fabricados, esses painéis podem chegar até uma altura de 3,30 x 13,30m de comprimento com espessuras variando de 0,15 m a 0,37 m, esse tipo de sistema pode ser empregado na construção de prédios de até 15 pavimentos, limitando a esse comprimento em relação ao transporte. Os painéis são fabricados separadamente e unidos por treliças de aço, formando uma peça monolítica com uma resistência mínima do concreto de 40 MPa, mas pode ser aumentada de acordo com o projeto, seu módulo de deformação é de 25 GPa (Téchne 17, 2019).

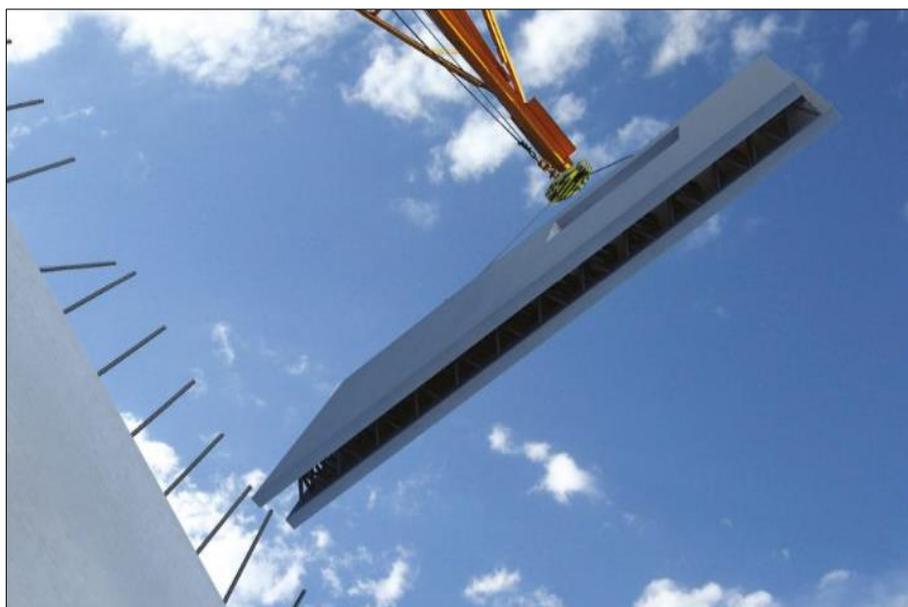
Segundo a empresa, são necessários apenas três funcionários para montar até 600 m² de paredes duplas por dia, são utilizadas escoras e quatro parafusos, para aprumar as paredes, sendo que dois são fixados na parede durante o processo de concretagem e os outros dois no piso. As avaliações técnicas estão sendo realizadas no IPT e logo estarão disponíveis para consulta.

Segundo Casagrande:

*"Estima-se que, comparado com o sistema **tijolo a tijolo**, a tecnologia de **parede dupla de concreto** economiza até 50% de mão de obra. O sistema também oferece ganhos de coeficiente ecológico, por não gerar resíduo. Por serem pré-fabricadas, as paredes duplas não produzem entulho de material, explicando que a pintura pode ser aplicada sem a necessidade de acabamento com argamassa ou massa fina. Durante a produção, o concreto recebe um tratamento especial que diminui a porosidade das paredes, deixando-as extremamente lisas".*

A grande vantagem desse tipo de parede é a possibilidade de embutir isolamento e passagem de conduítes entre as mesmas, possibilitando um conforto térmico e acústico agradável ao consumidor final.

Figura 22 - Parede dupla em içamento.



Fonte: Foto disponível em: <<https://sudeste.com.br/produto/parede-dupla-sdt/>> Acesso em 27/04/2019

10. COMPARATIVOS DE TECNOLOGIA

O Sistema Nacional de Avaliação Técnica é uma iniciativa de mobilização da comunidade técnica nacional para dar suporte à operacionalização de um conjunto de procedimentos reconhecido por toda a cadeia produtiva da construção civil, com o objetivo de avaliar novos produtos utilizados nos processos de construção. Como forma de explicitar melhor o conjunto de programas que regem este sistema explanamos nos itens abaixo sobre os conceitos.

- i. **PBQP-H:** Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, é um Programa do Governo Federal que tem como meta elevar os patamares da qualidade da Construção Civil, por meio da criação e implementação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial.
- ii. **SiNAT:** Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SiNAT) de produtos inovadores é um dos sistemas estruturantes do PBQP-H, que visa a harmonização de procedimentos para a avaliação técnica de novos produtos para a construção.
- iii. **DAtec:** Documento de Avaliação Técnica, tem prazo de validade de dois anos, podendo ser renovado se não houver alteração do produto ou se as alterações forem submetidas a novas avaliações. Além disso, o proponente necessita manter o produto e o processo de produção sob controle, conforme constatação da ITA responsável pelo controle periódico.
- iv. **ITA:** Instituições Técnicas Avaliadoras. Pessoas jurídicas estabelecidas como Instituições de pesquisa; ou ensino e pesquisa; ou, ainda, empresas de verificação da conformidade de produtos para a construção civil (materiais, componentes, elementos ou sistemas construtivos), acreditadas pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro

10.1 METODOLOGIA

Nesta etapa foi realizado um comparativo técnico dos sistemas construtivos. Foram abordados nessa comparação os documentos técnicos (DAtecs) existentes que versam sobre o desempenho estrutural, estanqueidade à água, desempenho térmico e desempenho acústico.

Os dados abaixo listados se baseiam em testes técnicos que estabelecem parâmetros aceitáveis para os sistemas.

As avaliações técnicas de desempenho foram conduzidas pelas ITAs (Instituições Técnicas Avaliadora) conforme a Diretriz SiNAT N°002 Rev. 02, que parte da análise de projetos, ensaios laboratoriais, inspeções técnicas na unidade de produção, inspeções de campo em obras e demais atividades que constam dos relatórios técnicos e de ensaios.

A avaliação do desempenho estrutural é feita com base em projetos executivos estruturais, memoriais de cálculo e relatórios de ensaio.

Os requisitos considerados para os testes foram os de resistência lateral, estabilidade global, resistência às cargas verticais e resistência a peças suspensas, conforme estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

Também foram realizados pelas ITAs ensaios laboratoriais para avaliação a resistência às cargas verticais, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço, conforme a Diretriz SiNAT N°002 – REV.02.

A resistência característica especificada para o concreto empregado nos painéis pré-moldados é de 25MPa.

10.2 ESTANQUEIDADE À ÁGUA

Foram realizados ensaios de estanqueidade à água entre juntas dos painéis de parede e na interface entre painel de parede e janela. O ensaio consiste em submeter, durante um período de 7h, a face externa do corpo de prova a uma vazão de água de 3L/min/m², criando uma película homogênea e contínua, com a aplicação simultânea de uma pressão pneumática de 50Pa sobre essa mesma face.

Foram realizadas análises de projeto para avaliar o que influencia a estanqueidade à água dos painéis, das fontes de umidade externas e internas à edificação.

A estanqueidade à água das paredes externas e internas é considerada satisfatória, em razão das características construtivas do painel e das soluções adotadas entre as interfaces e nos revestimentos e acabamentos. A face externa dos painéis recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica. A face interna dos painéis recebe pintura PVA ou acrílica e revestimento cerâmico.

Como especificação de projeto, tem-se também que a calçada ao redor da edificação deve ter caimento contrário às paredes e largura mínima de 600mm.

Quanto à estanqueidade da interface entre painéis de parede e de pisos internos e externos, verificou-se diferença de cota entre o piso acabado interno e o externo de 50mm. Em todos os ambientes de áreas molháveis (cozinha) ou molhadas (banheiro e área de serviço) são especificados revestimentos cerâmicos com caimentos adequados.

Com relação à impermeabilização na interface dos painéis de parede e fundação, verificou-se que os painéis são apoiados sobre argamassa de cimento e areia (traço em volume de 1:3) com aditivo impermeabilizante. A interface da base das paredes externas recebe tela de poliéster e impermeabilizante de base acrílica. Também são aplicadas faixas de emulsão acrílica na interface entre os painéis de parede e nos perímetros externos das esquadrias.

Conclui-se que, os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais e as análises realizadas nos projetos indicam atendimento ao requisito especificado na Diretriz SiNAT N°002 – REV.02 que diz que a quantidade de água que penetra não pode ser superior a 3 cm³, por um período de 24h, em uma área exposta com dimensões de 34cm x 16cm.

10.3 DESEMPENHO TÉRMICO

Foram realizadas simulações computacionais para avaliação de desempenho térmico para as cidades representativas das oito Zonas Bioclimáticas (Z1 a Z8, conforme indicadas na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.02), considerando os dados das cidades de Curitiba, São Lourenço, São Paulo, Brasília, Vitória da Conquista, Campo Grande, Cuiabá e Manaus, respectivamente.

As simulações computacionais foram realizadas utilizando o software *EnergyPlus* para edifícios habitacionais multifamiliares de até quatro pavimentos (térreo + 3 pavimentos).

Para o período de inverno, todas as zonas bioclimáticas atendem a condição padrão de desempenho térmico para paredes pintadas com cores de absorvância à radiação solar da superfície externa das paredes (α) igual ou menor a 0,7.

Conclui-se que o produto atende ao especificado na Diretriz SiNAT N°002 – REV.01 quanto ao desempenho térmico mínimo, desde que respeitadas as cores de acabamento das paredes de fachada.

10.4 DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

Para a durabilidade do produto foram analisados projetos e as características dos materiais e os procedimentos de manutenção contemplados no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Verificou-se a relação entre as classes de agressividade ambiental I e II e as características do concreto especificado C25, assim como a resistência característica a compressão de $F_{ck} \geq 25\text{MPa}$, a relação água-cimento $\leq 0,60$ e o consumo mínimo de cimento de 280 kg/m³, conforme ABNT NBR 6118.

Do ponto de vista da durabilidade da estrutura tem-se que a armadura de aço é protegida por uma camada de concreto com espessura de 25mm. Conclui-se que os painéis atendem as exigências previstas para as regiões rurais e urbanas, ou seja, Classes I e II de agressividade ambiental. São previstas manutenções periódicas da unidade habitacional pelo usuário, particularmente quanto à pintura das paredes.

Os painéis de parede de fachada, incluindo seus tratamentos de juntas, foram expostos ao ensaio de estanqueidade e choque térmico (calor e resfriamento por meio de jato de água) composto por dez ciclos sucessivos. O resultado obtido demonstrou a não ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, deformações, empolamentos, descoloração ou outros danos e o deslocamento horizontal instantâneo (dh) foi inferior a 8mm, atendendo ao critério estabelecido.

As placas cerâmicas assentadas nas paredes com argamassa colante tipo AC II foram submetidas ao ensaio de aderência, sendo que o resultado demonstrou atendimento ao critério normativo de resistência superior a 0,3MPa.

A manutenibilidade dos painéis que compõem a edificação deve ser prevista e realizada conforme estabelecido no Manual de Uso, Operação e Manutenção (Manual do Proprietário). Nele constam a vida útil de projeto (VUP) com respectivo programa de manutenções preventivas e corretivas, além de informações como: condições de uso (fixação de peças suspensas), localização das instalações hidráulicas e elétricas e respectivas formas de inspeções e manutenções. O Manual

de Uso, Operação e Manutenção foi elaborado em conformidade com a norma ABNT NBR 14037:2011 – Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos e com a ABNT NBR 15575:2013 – Parte 1.

O comportamento das juntas entre painéis e entre painéis e laje deve ser objeto de monitoramento constante, em razão da limitação de se avaliar tal comportamento ao longo do tempo.

10.5 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Os painéis pré-moldados de concreto armado são compostos por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco de incêndio.

Conforme Diretriz SiNAT N°002 – REV.02, considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com seção maciça, destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica não inferior a 2150 kg/m³ e $25 \text{ MPa} \geq F_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$) e espessura mínima de 100 mm, atendem ao critério estabelecido quanto à resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos, assegurando neste período condições de estabilidade, estanqueidade e isolamento térmica, no caso de edificações habitacionais de até cinco pavimentos.

10.6 REQUISITOS DE DESEMPENHO E RESULTADOS

Tabela 2 - Painéis Pré-Moldados Maciços de Concreto com Função Estrutural

PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS MACIÇOS DE CONCRETO - COM FUNÇÃO ESTRUTURAL				
CATEGORIA	Requisito de desempenho	Sistema viver (prédios até 05 pavimentos) DAtec 003b	Sistema rossi (prédios até 05 pavimentos) DAtec 007a	Sistema gcs (casas térreas /sobrepostas) DAtec 029
		Painel 100mm, Juntas entre painéis Grauteadas + selante	Painel 100mm, Juntas entre painéis Grauteadas + selante	Painel com 100mm, Juntas soldadas + Argamassa+ selante
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Carga de ruptura (ELU)	Rud = 543 kN/m	Rud = 544,4 kN/m	Rud = 148,5 kN/m
	Carga de serviço (ELS)	Rsd = 520 kN/m	Rsd = 525 kN/m	Rsd = 116 kN/m
	Resistência a peças suspensas	Carga de serviço= 40kg/peça	Carga de serviço= 40kg/peça	Carga de serviço= 40kg/peça
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	Resistência ao fogo	30 minutos - Pmax=105 kN/m	30 minutos - Pmax= 63 kN/m	30 minutos - Pmax= 63 kN/m
	Reação ao fogo	Revestimento incombustível	Revestimento incombustível	Revestimento incombustível
HABILIDADE	Estanqueidade à água	Adequado tratamento juntas	Adequado tratamento juntas	Adequado tratamento juntas
	Isolação sonora (Rw)	48dB	46dB	47dB
	Desempenho térmico	Z1, Z3 e Z8- Claras ou médias	Z1 a Z8 Claras ou médias	Z3 Claras ou médias
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	Durabilidade (classe de agressividade)	Classes I e II	Classes I e II	Classes I e II
	Manutenibilidade	Instalações hidráulicas em <i>shafts</i> ou complemento de parede, sempre externas aos painéis	As prumadas de esgoto e água em <i>shafts</i> . Os sub-ramais de água fria são externos aos painéis	Os sub-ramais de água fria externos aos painéis, posicionados em rebaixos

Tabela 3 – Painéis Nervurados Pré-Fabricados de Concreto Armado Com Função Estrutural

PAINÉIS NERVURADOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO – COM FUNÇÃO ESTRUTURAL		
CATEGORIA	Requisito de desempenho	DPB (edifícios até 05 pavimentos) DATec024A Painéis nervurados, pré-fabricados de concreto armado com espessura de 140mm
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Carga de ruptura (ELU)	Rud= 543,1 kN/m
	Carga de serviço (ELS)	Rsd = 174,5 kN/m
	Resistência a peças suspensas	Carga de serviço= 40kg/peça
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	Resistência ao fogo	60 minutos, Pmax= 77 kN/m
	Reação ao fogo	Incombustível
HABITABILIDADE	Estanqueidade à água	Adequado tratamento juntas
	Isolação sonora (Rw)	41dB
	Desempenho térmico	Z3 e Z7 Qualquer cor
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	Durabilidade (classe de agressividade)	Classes I e II (cobrimento da armadura dos painéis e das juntas)
	Manutenibilidade	sub-ramais da pia, lavatório e tanque externos, embutidos em sancas. Os tubos de queda de esgoto em shafts. A tubulação de gás é externa às paredes

Tabela 4 – Painéis Mistos com Função Estrutural

PAINÉIS MISTOS- COM FUNÇÃO ESTRUTURAL				
CATEGORIA	Requisito de desempenho	Sistema Jet Casa (casas térreas e sobrepostas, isoladas) geminadas) DATec008B Painel de 110mm, com bloco cerâmico de 90mm	Sistema Casa Express (casas térreas e sobrepostas) DATec009B Painel de 115mm, com bloco cerâmico de 60mm	Sistema Première (casas térreas isoladas) DATec028 Painel de 110mm, com bloco cerâmico de 90mm
SEGURANÇA ESTRUTURAL	Carga de ruptura (ELU)	Rud = 97,2 kN/m (com vão)	Rud=231,5 kN/m	Rud=36,9 kN/m
	Carga de serviço (ELS)	Rsd = 32,4kN/m (com vão)	Rsd = 104,2 kN/m	Rsd =19,0 kN/m
	Resistência a peças suspensas	Carga de serviço= 40kg/peça, bucha plástica FUR (8 x 100)	Carga de serviço= 40kg/peça, bucha plástica U10 (6,3 x 78)	Carga de serviço= 40kg/peça
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	Resistência ao fogo	30 minutos- Pmax.= 18kN/m	30 minutos- Pmax= 17,5 kN/m	30 minutos- Pmax.= 19kN/m
	Reação ao fogo	Incombustível	Incombustível	Incombustível
HABITABILIDADE	Estanqueidade à água	Adequado tratamento juntas	Adequado tratamento juntas	Adequado tratamento juntas
	Isolação sonora (Rw)	37dB	45dB	36dB
	Desempenho térmico	Z1 a Z8 Claras ou médias	Z1 a Z8 Qualquer cor	Z3 Claras ou médias
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	Durabilidade (classe de agressividade)	Classes I e II	Classes I e II	Classes I e II
	Manutenibilidade	As tubulações hidráulicas não passam pelas nervuras estruturais. A tubulação de esgoto passa por <i>shafts</i> ou por nichos existentes no próprio painel.	Posicionamento das tubulações estavam em revisão	As instalações hidráulicas, são posicionadas em <i>shafts</i> – que são obtidos por meio de rebaixos nos painéis – e servem para passagem de tubulações verticais. Ramais externos

11. COMPARATIVO DE MÉTODOS – CUSTOS

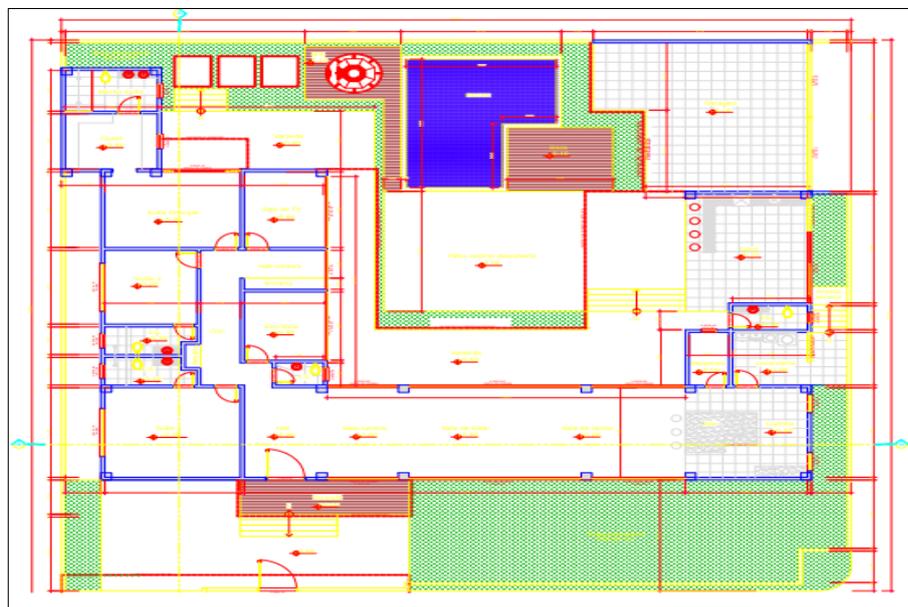
Para efeito de comparação de custo foi orçada a construção de uma residência de alto padrão com área de 436 m² (Figura 23), pelo método de construção pré-fabricado de concreto, levando em consideração apenas a fundação e alvenaria do projeto.

A empresa fornecedora conta com o conhecimento e experiência acumulada em 30 anos de atividades, mais de 3.000 obras executadas em praticamente todos os segmentos econômicos e uma capacidade produtiva de 5.000 m³/mês.

Para levar em consideração o valor da construção do empreendimento pelo método convencional utilizamos a tabela do Sinduscon, para que haja uma base do valor cobrado por m² nesse tipo de empreendimento.

A obra orçada compõe-se de estrutura pré-fabricada de concreto, com base no projeto arquitetônico da figura abaixo:

Figura 23 - Planta baixa de uma residência alto padrão



Fonte: arquivo pessoal

11.1 ORÇAMENTO OBRA PRÉ-FABRICADO

A empresa fornecedora de pré-fabricado terá 300 m² de área construída, e os demais 136 m² serão construídos como estrutura mista, e não fazem parte deste orçamento.

Fundação rasa:

Fornecimento de mão de obra (escavação, apiloamento, execução de lastro de concreto magro, montagem de fôrma, armação e concretagem), e material (concreto usinado, aços, fôrmas, lona, etc.) para a execução dos blocos de fundação (Figura 24).

Figura 24 - Fundação - Bloco e armadura

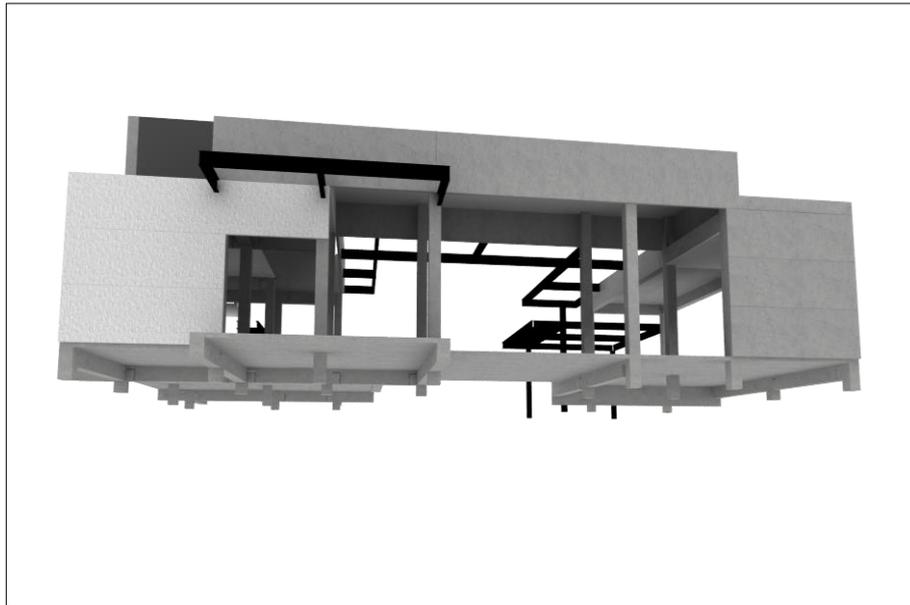


Fonte: arquivo pessoal

Estrutura:

Fornecimento de projeto, fabricação, transporte e montagem de estrutura em concreto pré-fabricado (Figuras 25 e 26), composta por pilares, vigas de cobertura, e vigas calha. Execução de vedação externa entre as peças pré-fabricadas com conjunto tarucel e silicone (painéis e calhas). Fornecimento de todos os componentes essenciais para a montagem da estrutura, tais como parafusos, soldas, fixações, aparelhos de neoprene, etc.

Figura 25 - Maquete eletrônica da residência - vista frontal

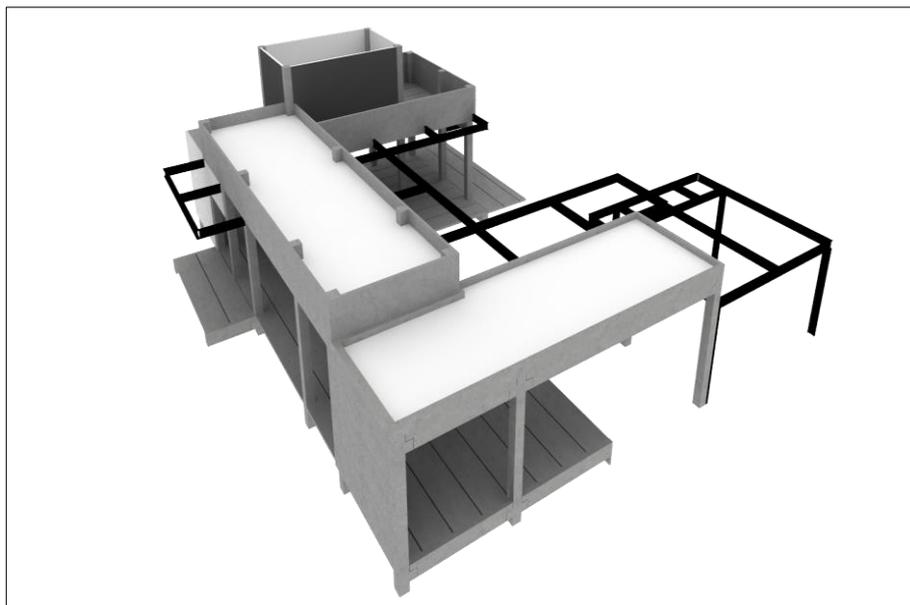


Fonte: arquivo pessoal

Fechamento lateral:

Painéis testeira e painéis de fechamento horizontal: Painéis de fechamento em concreto armado com acabamento natural na face externa, espessura de 12cm. Os painéis serão fixados e contraventados individualmente nos pilares e vigas, sem empilhamento. Locação dos painéis conforme projeto.

Figura 26 - Maquete eletrônica da residência – vista em perspectiva



Fonte: arquivo pessoal

Impostos:

PIS e COFINS: 3,65%; ISS: 2%

Prazo de execução da obra:

3 Meses, sendo período de montagem de 6 dias.

Estrutura para a residência:

Tabela 5 - Orçamento - Pré-Fabricado

Pilares + consolo de Apoio	R\$ 61.680,00
Vigas de piso	R\$ 59.990,00
Lajes de piso	R\$ 47.840,00
Lajes de piso das varandas e balanço	R\$17.280,00
Vigas de laje de forro	R\$59.900,00
Laje de forro	R\$ 47.840,00
Verba Engenharia, Mobilização de Equipe e diversos+ AP e SPDA embutido nos pilares	R\$ 10.000,00
Verba de topografia para montagem para fundação	R\$ 4.000,00
Verba de aluguel de guindaste + equipe para montagem 6 diárias	R\$ 22.000,00
Subtotal	R\$ 331.240,00

Itens opcionais:

Blocos de fundação (cálices para blocos de 2 estacas escavadas)	R\$ 45.540,00
Escada pré-moldada - Fachada frontal	R\$ 7.900,00
Escada pré-moldada - Fundos	R\$ 6.800,00
Painéis de fechamento (fachada frontal lado esquerdo)	R\$ 9.249,00
Painéis de fechamento (fachada frontal lado direito)	R\$ 7.980,00
Painéis de fechamento superiores	R\$ 34.500,00
Subtotal	R\$ 111.968,00

Através desse orçamento chega-se a um valor de R\$ 1.478,46m² de uma estrutura pré-fabricada e um prazo de execução de obra de 3 meses com uma montagem de 6 dias.

11.2 ORÇAMENTO OBRA CONVENCIONAL

Considerando o valor da construção do empreendimento pelo método convencional utilizando a tabela do Sinduscon, definindo uma base do valor cobrado por m² nesse tipo de empreendimento.

O Custo Unitário Básico é feito com base em projetos padronizados, dos quais se conhece em detalhes todos os materiais e serviços necessários à execução da obra.

Projetos – Padrões Residenciais – R\$/m²:

Tabela 6 - Tabela Sinduscon - valores m² construído

TIPO	PADRÃO BAIXO	PADRÃO NORMAL	PADRÃO ALTO
R-1	1.357,34	1.682,33	2.014,85
PP-4	1.235,25	1.580,32	–
R-8	1.177,13	1.379,97	1.615,45
PIS	919,19	–	–
R-16	–	1.337,25	1.736,02

Padrão Baixo -- Residência Unifamiliar (R1), Prédio Popular (PP-4), Residência Multifamiliar (R8) e Projeto de Interesse Social (PIS)

Padrão Normal -- Residência Unifamiliar (R1), Prédio Popular (PP-4), Residência Multifamiliar (R8) e Residência Multifamiliar (R16)

Padrão Alto -- Residência Unifamiliar (R1), Residência Multifamiliar (R8) e Residência Multifamiliar (R16)

(*) Conforme lei 4.591 de 16/12/1964 disposto na NBR 12.721 da ABNT. Na formação do CUB não foram descritos os itens descritos na seção 8.3.5 da NBR 12721/06.

Para efeito comparativo foi realizado o orçamento da mesma obra pelo método construtivo convencional, considerando BDI de 35 % e encargos sociais de 120 %. As estimativas de hora/homem foram baseadas na TCPO. Os valores tiveram como base a tabela SINAPI de 08/2019.

Tabela 7 - Orçamento - Construção Convencional

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UN.	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
01	Serviços preliminares				
	Projeto	vb	1,00	10.000,00	10.000,00
	Topografia	vb	1,00	1.000,00	1.000,00
02	Infraestrutura				
03	Super estrutura				
05.006.000011.SER	Forma para estruturas de concreto com chapa compensada plastificada, e=12mm, 3 aproveitamentos	m ²	110,00	58,10	6.391,37
04.002.000016.SER	Concreto estrutural dosado em central, fck 25 MPa, abatimento 8±1 cm	m ³	39,59	341,47	13.518,80
04.001.000003.SER	Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, corte, dobra e montagem	kg	2.769,90	10,71	29.666,02
05.007.000002.SER	Laje pré-fabricada comum para forro, intereixo 38 cm, espessura da laje 12 cm, capeamento 4 cm, elemento de enchimento 8 cm	m ²	157,23	151,28	23.785,75
04	Alvenaria				
06.001.000044.SER	Alvenaria de vedação com blocos cerâmico furado, 14 x 19 x 39 cm furos verticais, espessura da parede 14 cm, juntas de 10 mm, assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8	m ²	541,07	30,95	16.746,12
06	COBERTURA (geral para o prédio)				
09.003.000025.SER	Estrutura de madeira para telha cerâmica ou de concreto, vão de 3 a 7 m	m ²	91,15	148,35	13.522,34
09.005.000001.SER	Cobertura com telha cerâmica tipo francesa	m ²	91,15	46,30	4.220,63
CUSTO DIRETO DA OBRA					118.851,04
				BDI	41.597,86
				ENCARGOS	142.621,24
				TOTAL	R\$ 303.070,14

Conforme descrito anteriormente foi orçado uma obra com 436m², devido a não necessidade de estrutura mista.

Considerando ainda o mesmo valor de fundação calculado anteriormente conforme tabela abaixo:

Tabela 8 – Orçamento final - Construção Convencional

Blocos de fundação (cálces para blocos de 2 estacas escavadas)	R\$ 45.540,00
Escada pré-moldada - Fachada frontal	R\$ 7.900,00
Escada pré-moldada - Fundos	R\$ 6.800,00

Desta forma obtêm-se :

Obra	R\$ 303.070,14
Blocos de fundação	R\$ 45.540,00
Escada pré-moldada - Fachada frontal	R\$ 7.900,00
Escada pré-moldada - Fundos	R\$ 6.800,00
TOTAL GERAL	R\$ 363.310,14

Temos então um valor por m² de R\$ 833,28 , referente a 56 % do valor orçado pelo método construtivo pré-fabricado.

12. BRASIL – O MERCADO ATUAL

Conforme o trabalho demonstra o sistema de estruturas pré-fabricadas de concreto pode ser usado em qualquer tipo de obra, principalmente aquelas que priorizam a repetição de peças. A rápida execução, o maior controle tecnológico de produção, a redução ou até a eliminação dos escoramentos, a diminuição da produção de resíduos e a racionalização no uso de recursos estão como os principais benefícios dessa opção construtiva. Entretanto, mesmo eficiente, ela ainda é pouco difundida no Brasil, sobretudo no segmento habitacional.

Hoje temos então esta solução sendo preconizada apenas por grandes investidores, responsáveis pela construção de centros logísticos, obras industriais e shoppings, devido ao rápido retorno obtido com o investimento.

A industrialização da construção civil têm uma grande importância frente aos desafios que a evidente escassez de mão de obra aliado a indícios de crescimento, notadamente na área de infraestrutura e habitações populares.

A FIESP (Federação das Indústrias de São Paulo) publicou um estudo, “Estratégia de Potencial Socioeconômico Pleno Para o Brasil”, demonstrando que, entre 2003 e 2011, houve um aumento relevante nos custos de produção do setor da construção. O custo de mão de obra teve um aumento real de 85% e os custos de materiais de construção cresceram 70%. O Brasil possui um espaço importante para industrializar a construção, considerando que quando comparamos com países desenvolvidos apresenta um grau baixo da produtividade da mão de obra. O desperdício de insumos chega a 30%; na França, por exemplo, não ultrapassa 12%.

A adoção de métodos de construção mais modernos e intensivos em tecnologia seria então uma solução para o setor, porém esbarra na precária infraestrutura para o transporte das peças, na mão de obra desqualificada, na alta carga tributária e na cultura brasileira, que vêm dificultando a aceitação do produto.

Dentre as quatro empresas elencadas neste trabalho todas têm tido dificuldades para a continuidade da produção e de mercado deste produto.

A Domus Populi desenvolveu dois sistemas de montagem, sendo um método industrializado, com fábrica em Várzea Paulista, e outro em que a estrutura fabril era montada no próprio canteiro. Apesar deste desenvolvimento a empresa não está mais utilizando o sistema pré-fabricado em seus empreendimentos,

conforme informou o responsável pelo departamento comercial da empresa, o Sr. Alexandre.

A dificuldade na aceitação do produto pelo mercado, aliado às dificuldades inerentes ao setor, fez com que a empresa tenha tomado a decisão de descontinuar o produto e optar pela construção convencional, sobretudo alvenaria estrutural. Segundo o sr. Alexandre esta decisão pode ser revertida caso o mercado tenha maior aceitação do produto, ou em casos de projetos que tenham uma viabilidade financeira assegurada, como novas linhas de financiamento no modelo Minha Casa, Minha Vida.

Em conversa realizada com um engenheiro representando a empresa Sudeste Pré-fabricados foram abordados alguns aspectos sobre a situação do pré-fabricado no país, tais como tecnologia de construção e aceitação do mercado.

Sobre o desenvolvimento do produto o engenheiro informou que a atual fábrica de paredes duplas foi inaugurada em 2004, sendo a primeira da América Latina com o conceito de automatização tipo “carrossel”. A diretoria da empresa entendendo e prevendo a necessidade do mercado residencial de um produto de qualidade com a agilidade da pré-fabricação foi buscar na Europa essa tecnologia. Quanto à termoacústica o engenheiro reforça que trata-se de paredes de concreto maciças com espessura entre 15 cm a 36 cm de concreto, com resistência entre 25 a 50 MPA.

Por se tratar de uma fábrica moderna todo processo é programado e automatizado, da projeção a laser das medidas, concretagem, acabamento, e cura em estufa. Segundo o engenheiro o maior desafio não está no sistema produtivo, mas sim a aceitação do mercado ao sistema residencial pré-fabricado de alto desempenho.

Sobre os detalhes de fixação e montagem há padrões definidos especificamente para cada obra/cliente, mas como todo processo há exceções predefinidas em projeto.

Ainda sobre o desenvolvimento do produto, o engenheiro informou que a empresa realizou estudos considerando as dificuldades de movimentação de peças. A diretoria da empresa acompanhou empresas na Europa que já operavam com esse produto. Em relação ao saque das peças na fábrica a tecnologia do pallet de produção propicia a inclinação necessária para tal operação. Questionado sobre o transporte destas peças o engenheiro informou que o projeto é adequado às

premissas brasileiras (medidas de transporte máx. de 3,20 m de largura), e que montagem não há empecilhos.

O produto necessita de uma concretagem interna final em obra para solidarizar toda a estrutura (depois de concretada o sistema trabalha como monolítico). Essa concretagem a empresa entende como ideal ser realizada por ela, todavia há clientes que querem fazer por si só, mesmo com orientação há muitos detalhes, que podem não ficar a contento. Há um padrão de obra estabelecido e os riscos de acabamento passam por concreto escorrido nas paredes e pelo chão e montagem fora de nível e prumo. Reforçam então que o ideal é que este serviço fique sobre o escopo da empresa pois dominam a operação e diminuem a possibilidade de tais dificuldades.

Quanto à tipologia mais comum de obra ou edificação o engenheiro diz que apesar do sistema pré-fabricado estar cada vez mais disseminado e aceito no mercado residencial e comercial, o mercado industrial ainda é possuidor da maior fatia de obras da carteira.

O acabamento mais comum aplicado na obra sobre este produto é a pintura direta conforme projeto do cliente. Como trata-se de paredes duplas não há a necessidade de reboco ou revestimento cerâmico. A empresa tem adquirido mias formas para expansão além da automatização de pintura, que pode ser solicitada pelo cliente.

Segundo a empresa para a viabilidade econômica financeira de casas, nesse sistema construtivo, abaixo de 200m² de construção é necessário que se tenha no mínimo 50 unidades, caso seja o projeto de uma residência a metragem mínima é de 350m² de área construída.

O engenheiro salienta ainda que, segundo seu ponto de vista, tanto para o sistema de paredes duplas quanto para o sistema de estrutura, o tipo de projeto e a distância da fábrica interfere mais em viabilidade do que a metragem.

Quanto ao desenvolvimento e implantação do sistema construtivo o engenheiro informou que após a aprovação do projeto executivo, que pode ser desenvolvido junto com o arquitetonico de maneira que os dois projetos andem juntos, em no máximo 10 dias sua residência estará montada. A capacidade instalada do sistema de parede dupla é de 20 mil m² por mês por turno. Quanto a valores, esse item é extremamente confidencial a cada projeto. Política da empresa.

A Kronan Sistemas Construtivos desenvolveu seu produto baseando-se em tecnologia Finlandesa. Nos países nórdicos, a alta produtividade da mão de obra e a grande velocidade da construção tornaram esse produto uma solução em um momento que, mesmo qualificada, a mão de obra tornava-se escassa. A dificuldade de construir ao ar livre durante o rigoroso inverno fez com que a solução seja a produção em ambientes industriais, e a construção ocorra quando o clima esteja mais ameno. O alto desempenho térmico e acústico são característicos do sistema de painel, e enquanto a versão europeia utiliza uma grossa camada de isolante térmico pelo lado externo da placa estrutural, na versão adaptada ao clima do Brasil às paredes são executadas em concreto maciço. A mudança do traço é caracterizada pela introdução de argila expandida no lugar do agregado graúdo, alcançando assim um isolamento acústico similar ao concreto pesado e um isolamento térmico melhor, além de diminuir o peso das peças, facilitando o transporte e o manuseio.

Uma das grandes vantagens do sistema é sua flexibilidade, conforme apregoa-se todas as matérias sobre a empresa. Esta característica, proporcionada pelos barramento magnético dos equipamentos, possibilita a produção conforme necessidade do projeto.

A Kronan hoje tem como prática a produção de produtos pré-definidos, disponibilizando ao mercado apenas opções de projeto “de prateleira”. Segundo a empresa essa estratégia foi adotada com a finalidade de agregar valor do método ao produto, o que não vinha acontecendo quando compatibilizavam projetos de terceiros ao sistema da empresa.

A Werke Construções Industrializadas tem sede na cidade de Atibaia, e utiliza a tecnologia Regicon. Este sistema é caracterizado pela utilização de placas em alvenaria convencional industrializadas, que recebem reboco dos dois lados, estando então prontas para receber o acabamento. O método promete qualidade e sustentabilidade, reduzindo também o tempo de obra, segundo a empresa, em até 60%. No momento atual a empresa esta focada em empreendimentos logísticos e industriais, não sendo somente uma opção da empresa, mas sim fruto da dificuldade de aceitação do mercado a novos sistemas construtivos.

13. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como finalidade verificar a viabilidade do uso de sistemas industrializados na construção residencial.

Conforme pode-se notar nos capítulos anteriores a viabilidade está atrelada às condições do projeto: localização, projeto arquitetônico, sistema a ser utilizado, etc.

Também deve ser salientado a necessidade de um projeto bem elaborado, com uma concepção de obra que inclua todas as fases. É de grande importância que o projeto englobe desde a produção com a garantia de qualidade até a solução de montagem na obra, agregando então maior valor à obra.

Nota-se também que não há dúvidas quanto à funcionalidade do sistema construtivo pré-fabricado. O desafio não está na comprovação de que estruturas pré-fabricadas funcionam, mas sim na demonstração de que este sistema pode reduzir custos.

A constante revisão das normas que norteiam a indústria da fabricação de estruturas pré-fabricadas dão maior segurança ao setor. Todas as normas já aprovadas em relação a estruturas pré-fabricadas, como as de estacas e lajes alveolares, e as que estão em revisão, como a ABNT NBR 9062 – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado, além da ABNT NBR 16475 que trata de painéis e paredes pré-moldadas de concreto, têm como objetivo dar suporte e segurança para o desenvolvimento de projetos que utilizam esse sistema construtivo.

O desempenho acústico e térmico têm sido comprovado pelos DATecs (Documento de Avaliação Técnica), conforme demonstrado neste trabalho. Desta forma verifica-se também o atendimento ao disposto pela norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de edificações habitacionais.

O grande desafio para o setor da construção industrializada tem sido as barreiras culturais. A não aceitação do mercado tem feito com que diversas empresas tenham tido mudanças nas suas opções de mercado. A própria indústria tem problemas para oferecer o produto de uma forma mais abrangente, visto que para o consumidor comum, aquele que construirá sua residência, de baixo ou médio padrão, não tem acesso ao sistema construtivo, até o momento restrito a

empreendimentos. Muitos pré-fabricadores só atendem pedidos acima de um número determinado de unidades, ou de uma metragem mínima de construção.

Desta forma vemos que para atender o mercado, hoje, o tempo reduzido de obra têm sido determinante para a aceitação do produto. Mas, novamente, isto aplica-se a empreendimentos, onde o tempo de obra é essencial para o retorno do investimento.

Alguns métodos construtivos industrializados tem um perfil mais adequado a ser utilizado em obras de residências unifamiliares, tais como o utilizado pela Kronan e pela Werke. Essa característica se dá pelo modelo de fabricação que utiliza formas capazes de serem mudadas conforme projeto, sem haver um ônus financeiro proibitivo. Mesmo assim o custo hoje fica acima da média, dificultando o acesso de grande parte dos consumidores.

O crescimento do país esta atrelado a sua infraestrutura, assim como no atendimento à demanda habitacional. Para tanto será necessário um maior grau de racionalização em seus processos produtivos. A indústria da construção pré-fabricada deve agregar qualidade e tecnologia para satisfazer as necessidades de desempenho e sustentabilidade, cada vez mais exigidas e necessárias no mundo moderno.

Caberá então à essa indústria o desafio fundamental de fazer com que o mercado absorva o produto, com as mudanças culturais necessárias a este mercado e à própria indústria, visando ampliar a aceitação deste sistema construtivo, que têm diversos benefícios à sociedade.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) Anuário 2012 - Publicação Novembro 2012.

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Manual da Construção Industrializada: Conceitos e etapas. [Brasília], 2015. v. 1: estrutura e vedação. 206 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2017) NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.

CHAPLIN - Vida e Pensamentos, Martin Claret, 1997, pág. 118.

FGV, Fundação Getúlio Vargas – Tributação, Industrialização e Inovação Tecnológica na Construção Civil, e-book disponível em www.abcic.org.br.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) – Estratégia de Potencial Socioeconômico Pleno Para o Brasil – Publicação Maio 2013

MELLO.T; PRECELLO.V. A. Z; MASUTTI. G. C. Estruturas pré-moldadas na construção civil: vantagens e desvantagens de seu uso. 2015. UniCruz, Rio Grande do Sul.

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

PIGOSSO, B.N.; FERREIRA, M. de A.; SERRA, S.M.B. Evolução dos pré-fabricados de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROJETO – PESQUISA – PRODUÇÃO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 1.,2005, São Carlos. Anais eletrônicos. São Carlos: NET-PRÉ, 2005. Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/lenpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf. Acesso em 02/05/2019.

Revista Concreto e Construções, edição nº 72 , ano XLI, out-dez 2013 , IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto.

SALAS, S. J. (1988). Construção Industrializada: pré-fabricação. São Paulo: Instituto de pesquisas tecnológicas.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. Industrialização da construção civil, sistemas pré-fabricados de concreto e suas aplicações. 2015. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. (2002). O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.

ALVARES, Luis Ramon. SINDUSCON divulga tabelas de custo unitário básico no estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.portaldori.com.br/2019/02/05/sinduscon-divulga-tabelas-de-custo-unitario-basico-no-estado-de-sao-paulo-referencia-janeiro-de-2019/> . Acesso em 03/05/2019.

LEONARDI. Histórico do pré-moldado. [2017]. Disponível em: www.leonardi.com.br/historico-do-pre-fabricado/. Acesso em 12/04/2019.
http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php . Acesso em 05/04/2019.

http://www.set.eesc.usp.br/lenpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf. Acesso em 02/05/2019.

<https://central3.to.gov.br/arquivo/176706/> Acesso em 17/04/2019.

<https://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/167/cultura-empresarial-e-falta-de-equipamentos-sao-entraves-para-mercado-351079-1.aspx> . Acesso em 17/04/2019.

<https://sindusconsp.com.br/cub/> . Acesso em 29/04/2019.

<https://techne.pini.com.br/2016/08/como-construir-pre-fabricados-compoem-prototipo-da-casa-aqua/>. Acesso em 28/04/2019.