



CONSTRUÇÃO MODULAR *OFF-SITE* NO BRASIL: DESAFIOS E REVISÃO DE CUSTOS.

Alice de Almeida Silveira

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Luís Otavio Cocito

Rio de Janeiro
Outubro de 2021

CONSTRUÇÃO MODULAR *OFF-SITE* NO BRASIL: DESAFIOS PARA
IMPLEMENTAÇÃO E REVISÃO DE CUSTOS

Alice de Almeida Silveira

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRA CIVIL.

Examinado por:

Profa. Mayara Amario, D. Sc.

Prof. Mohammad Najjar, D. Sc.

Prof. Luis Otavio Cocito de Araújo, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
OUTOUBRO DE 2021

Silveira, Alice de Almeida

Construção modular off-site no Brasil: Desafios e revisão
de custos/ Alice de Almeida Silveira – Rio de Janeiro: UFRJ
/ Escola

Politécnica, 2021 xvii, 39

p.: il.; 29,7 cm

Orientador: Luis Otavio Cocito de Araújo

Projeto de Graduação – UFRJ / Escola Politécnica / Curso
de Engenharia Civil, 2021

Referências Bibliográficas: p. 48-51

1. Construção Modular Off-site, 2. Industrialização da
construção civil, 3. Custo da construção civil. I. Araújo, Luis
Otavio Cocito de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Engenheiro
Civil.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

CONSTRUÇÃO MODULAR *OFF-SITE* NO BRASIL: DESAFIOS E REVISÃO DE CUSTOS

Alice de Almeida Silveira

Outubro de 2021

Orientador: Luis Otavio Cocito de Araújo

O método construtivo comumente utilizado no Brasil é a alvenaria convencional associada à estrutura reticular de concreto armado, marcada por processos artesanais de baixa produtividade. A construção modular *off-site* é uma alternativa para melhorar este cenário. Nesse sentido, o presente trabalho busca identificar as vantagens e desafios de tal modo construtivo e, mais especificamente, contrapor essa solução à atual situação econômica do país, que tem inflado os custos de construção. Dessa forma, o objetivo é compreender de que maneira o cenário econômico afeta a atratividade deste modo construtivo. Para tanto, é feita uma revisão de custos vigentes e um estudo de caso de um módulo projetado e construído há um ano no estado de São Paulo, com vistas a comparar o orçamento praticado anteriormente com o obtido a partir de precificação atualizada, e fazer um paralelo com a alta de preço de matéria prima convencional. Tal estudo é precedido de uma contextualização sobre o método construtivo e de um levantamento bibliográfico, a fim de reconhecer processos históricos relevantes à evolução das construções. Dessa forma, identificou-se que a implementação da construção modular encontra obstáculos culturais, logísticos e econômicos, de tal forma que a competitividade do sistema é fortemente afetada e, ainda que este apresente benefícios importantes, a indústria de insumos brasileira não apresenta uma realidade favorável a sua adoção.

Palavras-chave: construção modular *off-site*, industrialização da construção civil; custo da construção civil

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfilment of the requirements for the degree of Engineer.

OFF-SITE MODULAR CONSTRUCTION IN BRAZIL: CHALLENGES AND COST REVIEW

Alice de Almeida Silveira

October 2021

Advisor: Prof. Luis Otavio Cocito de Araújo

The construction method commonly used in Brazil is the conventional masonry associated with the reticular structure of reinforced concrete, marked by low productivity artisanal processes. Off-site modular construction is an alternative to improve this scenario. In this sense, the present work seeks to identify the advantages and challenges of such a constructive way and, more specifically, to oppose this solution to the current economic situation in the country, which has inflated construction costs. Thus, the objective is to understand how the economic scenario affects the attractiveness of this constructive way. Therefore, a review of current costs and a case study of a module designed and built a year ago in the state of São Paulo is carried out, in views to compare the budget previously practiced with that obtained from updated pricing, and making a parallel with the high price of conventional raw material. This study is preceded by a contextualization of the construction method and by a bibliographical survey, in order to recognize historical processes relevant to the evolution of constructions. Therefore, it was identified that the implementation of modular construction encounters cultural, logistical and economic obstacles, in such a way that the competitiveness of the system is strongly affected and, even though it presents important benefits, the Brazilian input industry doesn't present a favorable reality for its adoption.

Keywords: off-site modular construction, industrialization of civil construction, construction cost

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
BNH	Banco Nacional da Habitação
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNS	Confederação Nacional de Serviços
COOPERCON	Cooperativa Central da Construção Civil no Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo
FJP	Fundação João Pinheiro
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	4
1.2	MOTIVAÇÃO.....	6
1.3	OBJETIVO	6
1.4	METODOLOGIA.....	6
1.5	ESTRUTURA DO TEXTO.....	7
2	A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	9
2.1	A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL.....	14
3	A CONSTRUÇÃO MODULAR <i>OFF-SITE</i>	17
3.1	CATEGORIAS.....	17
3.1.1	Sistema em painéis (2D)	18
3.1.2	Sistema volumétrico (3D).....	18
3.1.3	Sistema híbrido (2D + 3D)	18
3.2	MATERIAIS	18
3.3	FABRICAÇÃO	20
3.4	VANTAGENS.....	22
3.4.1	Sustentabilidade.....	23
3.4.2	Trabalho e mão de obra	23
3.4.3	Cronograma	24
3.4.4	Custo	25
3.5	DESAFIOS	26
3.5.1	Questão cultural.....	26
3.5.2	Design e planejamento.....	27
3.5.3	Desafios da cadeia de abastecimento	28
3.5.4	Financiamento do projeto.....	28
3.5.5	Transporte.....	29
4	REVISÃO FINANCEIRA	30
4.1	O AUMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL.....	30
4.2	DADOS QUE RETRATAM O AUMENTO DE CUSTOS.....	33

5	ESTUDO DE CASO	38
5.1	DESCRIÇÃO.....	38
5.2	ORÇAMENTO	40
5.3	RESULTADOS	43
6	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No Brasil, o sistema construtivo largamente utilizado é a vedação por alvenaria de blocos cerâmicos ou blocos de concreto associados a uma estrutura reticular de concreto armado formada por laje, pilares e vigas. A sequência de operações nessa técnica é marcada por operações artesanais que demandam tempo e falham em não tirar proveito de atividades repetitivas para economizar em prazo e custo (THE BIM, 2021). A industrialização é uma alternativa para elevar a eficácia construtiva. Isto se dá pela substituição do empirismo por operações conjuntas entre máquinas e operários. Identificar os processos que se repetem e delega-los a métodos automatizados é o princípio que pode reduzir as intemperes que acarretam atraso nas obras e aumento dos gastos (FARMER, 2016).

Isto ocorre na técnica Construção Modular *Off-site*, na qual o empreendimento é composto por módulos autoportantes, ou seja, que em geral cumprem a função de vedação e de estrutura simultaneamente e, além disso, são concebidos em um ambiente fabril com alto controle de qualidade, produzidos com vasto auxílio de maquinário, em ambiente externo à locação da obra (FARMER, 2016). Para tanto, são utilizados chassis metálicos ou perfis de madeira maciça associados a placas de gesso acartonado como base para a composição de cada unidade (ROGAN, 2000).

As principais vantagens da construção fora do local são a redução do desperdício de materiais e descarte de resíduos - posto que o controle em uma fábrica é superior ao controle em um canteiro de obras - e a diminuição do tempo executivo, uma vez que a locação do terreno ocorre de maneira simultânea à construção dos módulos em ambiente externo e que o projeto contempla organização mais assertiva da integração de diferentes subsistemas (DEAKIN, 2020). São relevantes, ainda, a redução do esforço de trabalho dos operários, dada a participação de máquinas e a redução do custo final, como consequência relevante da distribuição inteligente de materiais, tempo e mão de obra em todo o processo (BERTRAM *et al*, 2019).

Entretanto, a sólida implementação dessa técnica enfrenta barreiras no cenário mundial e nacional. Em primeiro lugar, a transferência das atividades para uma indústria requer investimento no transporte das peças. Ademais, os consumidores não depositam credibilidade no sistema, estimando que este seja frágil, sem desempenho térmico e acústico satisfatórios e que este não tenha um *design* adaptado ao uso, já que a ideia de modularização causa a falsa

impressão de enrijecimento do *layout* (DEAKIN, 2020). A própria rapidez de execução impõe mais insegurança aos fornecedores que estão habituados a extensos números de parcelas, nas dinâmicas de construção tradicionais, mas que com o cronograma encurtado, deverão dispor de alto montante inicial para dar subsídio à obra e financiamento em menos tempo (BERTRAM *et al*, 2019).

No Brasil, os desafios a serem enfrentados por empresas que buscam inovar com o método de construção fora do local tem sido intensificados pela atual conjuntura econômica. Em primeiro lugar, vale pontuar o desfavorável cenário financeiro resultante do início de uma pandemia, no final de 2019. Na intenção de contornar os potenciais prejuízos da doença disseminada nesse período, a população passou a se submeter a medidas de distanciamento social para evitar o contato com o vírus, que é passado de um indivíduo para outro. Essa alteração da relação entre as pessoas gerou impactos negativos, incluindo a baixa na produtividade de trabalho e o afastamento de funcionários dos seus postos de trabalho. Com isso, o poder econômico dos cidadãos foi reduzido a economia resta enfraquecida (CNS, 2020). O setor da construção civil sentiu os prejuízos dessa recessão econômica, porém, segue em ritmo de crescimento, por ser um setor essencial (CBIC, 2021). Entretanto, a matéria prima demandada para a criação dos empreendimentos, depende da indústria da transformação que, por diversos fatores, reduziu suas atividades e não estão suprindo as necessidades das obras (CBIC, 2021c).

Tendo em vista que os materiais utilizados na construção dos módulos são essencialmente diferentes dos aplicados na construção tradicional, a situação de desabastecimento é especialmente preocupante. Enquanto a construção civil tradicional faz uso de blocos de alvenaria e estrutura de concreto, a construção modular *off-site* é mais adequada ao uso de materiais mais leves e de transporte facilitado, como chapas e perfis de madeira e aço, com vedação por placas cimentícias. Estudos recentes enfrentam dificuldade para concluir se a adoção da construção modular é mais vantajosa do ponto de vista da aquisição de materiais (TZOURMAKLIOTOU, 2021). A depender dos custos locais, a barreira imposta pela alteração da cesta de produtos pode ser determinante para que as construtoras não apostem nesse novo método. Essa premissa põe em relevo a importância de elaborar uma análise financeira que identifique as flutuações de preços dos materiais e o impacto destas no produto que se deseja obter.

1.2 MOTIVAÇÃO

Processos industrializados na construção civil, como a Construção Modular *Off-site*, são considerados inovadores (FARMER, 2016). Pesquisas tem sido constantemente realizadas para introduzir inovações positivas no setor de construção do país, que aumentem a capacidade produtiva do setor. Nesse sentido, as barreiras já identificadas para transformar os modos construtivos são pertinentes. Entretanto, a atual conjuntura econômica, marcada por uma recessão sem medidas, tem alertado ainda mais para estudos que traduzam a relevância que a economia tem sobre as mudanças que as construtoras podem implementar em seus processos produtivos, sobretudo, na substituição do processo tradicional de canteiro de obra por um alternativo, de construção em fábrica. É pertinente, portanto, identificar a extensão dos danos da crise de desabastecimento e de falta de matéria prima na implementação desses novos processos construtivos.

1.3 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo identificar as vantagens e os desafios da construção modular *off-site* e, mais especificamente, compreender de que maneira a sua competitividade em relação ao sistema convencional é afetada no atual cenário econômico do país, com ênfase na aquisição de materiais de construção. Para tanto, serão apresentadas características da construção modular *off-site*, cobrindo todas as vantagens e as dificuldades para adoção do método. Em seguida, o estudo seguirá com um levantamento sobre o desempenho do setor da construção civil no país para avaliar se a conjuntura econômica brasileira atual, no terceiro trimestre de 2021, é favorável à implementação do sistema construtivo.

1.4 METODOLOGIA

Inicialmente, foi apresentada uma revisão bibliográfica das recentes inovações no modo de construir, suas motivações e obras realizadas, a fim de compreender a origem da construção modular *off-site* e os fatores que favoreceram a expansão de seu uso. Além da perspectiva histórica, observou-se como essa metodologia tem sido usada em outros países.

No segundo momento, foi feita a descrição técnica da construção modular *off-site*. Essa pesquisa é válida para identificar as vantagens e os desafios de sua implementação, principalmente, do ponto de vista financeiro. Posteriormente, foi feito um levantamento

econômico do cenário da construção civil no Brasil atual, no terceiro trimestre de 2021. No mapeamento dos recentes acontecimentos que alteraram a economia, buscou-se identificar e mensurar a fragilidade que as construtoras tem enfrentado para adquirir materiais de construção. Foi analisado, sobretudo, a evolução do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC).

Por fim, um estudo de caso foi detalhado a fim de perceber qual é a sensibilidade do custo de produção dos módulos frente as variações de custos dos materiais de construção mais representativos no Brasil. A partir de uma comparação de custos, foi possível concluir que, no período econômico vigente, o incremento no orçamento de moradias convencionais é menor do que em moradias desenvolvidas por construção modular *off-site*. Isto põe em destaque uma das barreiras para implementação da técnica nas construtoras do país, que é a competitividade financeira.

1.5 ESTRUTURA DO TEXTO

O capítulo 1 expõe um panorama sobre o trabalho. Este retrata as circunstâncias de seu desenvolvimento, na seção de contextualização, em seguida, a motivação, o objetivo e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 faz um levantamento bibliográfico, com ênfase em processos históricos significativos para evolução da indústria da construção civil no Brasil e no mundo, a fim de identificar como se dão os avanços e retrocessos do setor mediante particularidades de cada era e civilização.

O capítulo 3 se propõe a definir, de maneira técnica, o objeto de estudo central: a construção modular *off-site*. São enumeradas as categorias, a forma de produção, os principais materiais, os benefícios do método e as barreiras associadas a sua elaboração.

O capítulo 4 discorre sobre o desempenho do setor da construção civil no presente momento, no terceiro semestre de 2021, com destaque para a indústria de materiais de construção. O objetivo é compreender o cenário de insumos construtivos mediante os recentes entraves que a economia tem enfrentado.

O capítulo 5 expõe um estudo de caso, de um protótipo construído no terceiro semestre de 2020, a fim de quantificar o aumento de preços de materiais utilizados em comparação com o terceiro semestre de 2021. Tal avaliação busca exemplificar como se dá a inserção do método na atual conjuntura econômica.

Ao final, no capítulo 6, é apresentada a conclusão, com uma condensação dos principais encadeamentos do estudo e uma resposta a respeito da implementação da construção modular *off-site* no contexto brasileiro.

2 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil sofre alterações a medida que a conjuntura política, econômica e social é alterada. Vale destacar na história os períodos pós-guerra guerra – Primeira Guerra Mundial (1914 – 1918) e Segunda Guerra Mundial (1939 – 1945). A realidade na Europa era carência por habitações e demais empreendimentos, como escolas e hospitais, por resultado da devastação das cidades durante os confrontos das guerras. Era necessário retomar a malha urbana de maneira rápida e econômica, já que os recursos financeiros eram limitados.

Havia, ainda, a limitação imposta pela baixa disponibilidade de mão-de-obra especializada, pois a população local em idade ativa precisou assumir outros postos de atuação durante o período da guerra. Para sobrepor tais desafios, os empresários envolvidos apostaram na adoção das técnicas pré-fabricadas com a industrialização de processos. Foi possível ainda fazer proveito das fábricas de guerra que dispunham de um considerável estoque de aço, antes usado na composição de elementos bélicos, mas que no momento estavam ociosas (ALMEIDA, 2015).

Algumas técnicas foram desenvolvidas nesse período, como o sistema construtivo Tunnel Formwork. O idealizador foi Guy Blonde, o então diretor técnico da Outinord, uma empresa fabricante de *start-ups* com sede francesa. A inovação foi o uso de formas pré-fabricadas em aço, que unidas adquirem o formato de uma caixa. No local da obra, estas são encaixadas e reforços de aço, que comporão com a estrutura são dispostos. Em seguida, o concreto é derramado de forma contínua por meio de uma máquina apropriada. As paredes e o teto são concluídos na mesma etapa. Este método se mostrou vantajoso para construções com repetição de formas geométricas, uma vez que as formas são reaproveitadas a cada aplicação (ESHGHI, 2012).

O uso de *Tunnel Formwork* preserva ideais de industrialização, por acoplar um elemento pré-fabricado – as formas. Entretanto, algumas etapas ainda são manuais como a inserção da armadura nos locais especificados e a retirada das formas após concretagem. (ESHGHI, 2012).



Figura 2.1: Construção usando *Tunnel Formwork* (APTE, 2016)

Ainda no pós-segunda guerra, destaca-se o surgimento da Construção Modular Off-site, nos Estados Unidos entre as décadas de 1940 e 1960 e no Reino Unido nos anos 60. A concepção é fabricar módulos em um ambiente externo, seguindo o termo “off-site”. Uma vez concluídos, estes módulos padronizados são transportados ao local da obra e fixados no solo, apoiando-se em fundação previamente construída (BERTRAM et al, 2019).

Um importante projeto elaborado em 1967 pelo arquiteto Moshe Safdie, construído no Canadá, é considerado referência como uma das primeiras aplicações do sistema – Figuras 3a e 3b. Se trata de um vasto complexo habitacional denominado “Habitat 67”, de design modular (PABLO, 2018).



Figura 2.2: Complexo habitacional “Habitat 67” (PABLO, 2018)

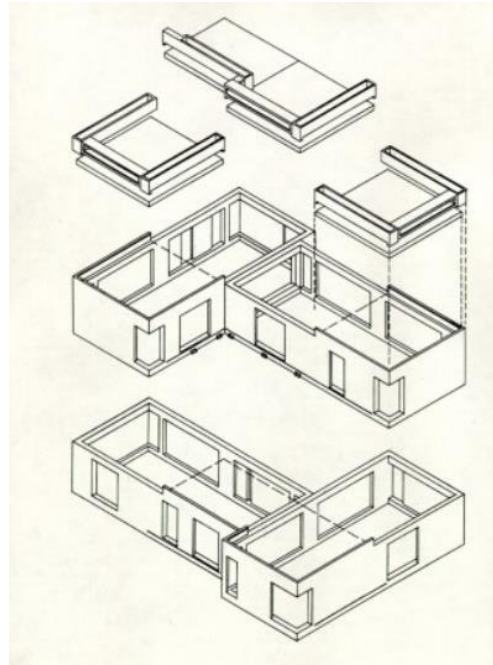


Figura 2.3: Esquema de módulos e montagem do complexo habitacional “Habitat 67” (PABLO, 2018)

Há também um projeto modular marcado pelo insucesso – o prédio Ronan Point em East London, no Reino Unido. A torre foi construída pelo método modular e colapsou tragicamente apenas dois meses após sua finalização, em 1968, após um incêndio (BERTRAM et al, 2019). Segundo Laranjeiras (2011), o incêndio foi causado pela explosão de um gás de cozinha no 18º andar, que acabou por expelir uma das paredes externas e causar a queda da laje do 22º andar. Este fenômeno é denominado “colapso progressivo”, no qual a propagação da ruptura inicial leva à ruína total ou de parte da estrutura. Uma investigação posterior apontou que a causa foi a deficiência na integridade estrutural, pela falta de ligações redundantes para a redistribuição de cargas. O prédio foi reforçado e continuou em uso, porém devido a inseguranças, foi demolido em 1986.

Este incidente compõe um dos motivos pelos quais esta técnica ainda é subestimada por muitos construtores, que não tem investido em larga escala na tecnologia, apesar de suas comprovadas vantagens sobre prazo e custo (BERTRAM et al, 2019).



Figura 2.4: Edifício Ronan Point após colapso (PEARSON, 2005)

Alguns empresários e construtores acreditam nas potencialidades do sistema. O apelo ambientalista fortalecido nos anos 90 configurou-se como palco para desenvolvimento da manufatura de produtos imobiliários a partir do uso de madeira proveniente de florestas danificadas, sobretudo, na Suíça, Áustria e Alemanha. O resultado foi visto em países como, chegando a melhorias de custo e prazo e desempenho na restrição de efeitos de incêndios (VLOGGER, 2015). Desde 1994, no Reino Unido, o governo tem monitorado as construções civis e estabelecido metas de redução de desperdício, impacto ambiental e aumento do uso de projetos inteligentes (SMITH, 2018). Dessa forma, a sensibilidade mundial à questão verde interagiu com a indústria da construção, dando espaço, em mais um período da humanidade, ao método baseado no sistema *off-site*, o que evidencia o potencial dessa técnica no alcance de benefícios para diferentes épocas.

Estudos mais recentes, datados a partir de 2018, apontam para um avanço da industrialização em geral, sobretudo praticando a construção modular *off-site*. Neste mesmo ano, foram construídas cerca de 15000 novas casas modulares no Reino Unido, país no qual 40% dos construtores afirmam que tem investido em processos industriais para uso intensivo em um futuro próximo (BERTRAM *et al*, 2019).

Na Ásia, o Japão se destacou por inaugurar o tipo de construção fora do local a partir da década de 70. A empresa mundialmente conhecida, Sekisui Heim, foi a pioneira e já

entregou mais de 10 mil unidades habitacionais, utilizando componentes sobretudo volumétricos com aço de bitola leve e madeira leve. A cultura japonesa favorece a implementação dos módulos pois a ideologia se assemelha à tradição xintoísta de construir templos religiosos (SMITH, 2018). O grande volume de habitações entregues, possibilitou a chamada economia de escala, com sinergia de diferentes indústrias de manufatura e com menores custos de produção (BERTRAM et al, 2019). Smith (2018) levanta que a empresa japonesa em questão tem evoluído, ainda, para o ramo de reutilização e reciclagem de construção modular volumétrica, desde 2004. Além disso, o Japão tem investido desde 2015 em casas modulares com maior qualidade final (VLOGGER, 2015).

Para citar outros países, vale recorrer ao exemplo da Polônia, que tem apostado em painéis modulares e volumétricos com base na exportação e terceirização. Observa-se o consumo de aço padrão de siderúrgicas terceirizadas e MDF proveniente de empresas com vasta experiência em móveis. A produção no país tem por padrão utilizar um núcleo de concreto moldado no local e posterior inclusão de unidades volumétricas (SMITH, 2018). Já no mercado australiano, embora as primeiras peças de construção modular tenham entrado ainda na era colonial, através do Reino Unido, atualmente é baixa a porcentagem de uso de construção *off-site*, aproximadamente 5% (SMITH, 2018). Por outro lado, a técnica está evoluindo, sendo representada pela empresa Hickory Group, criadora de um sistema estrutural de última geração executada em ambiente fabril, fora do local de obra. (HICKROY GROUP, 2021)

Uma empresa de referência no ramo é a plataforma Katerra, com sede no Reino Unido, que busca integrar todas as esferas da cadeia de valor de construção. A Katerra atua implantando ferramentas industriais da internet das coisas, facilitando o pedido, a entrega e o rastreamento, resultado da maturidade digital (BERTRAM *et al*, 2019). Outro exemplo é o edifício Clement Canopy, construído em julho de 2019, em Cingapura. Sua altura imponente, incluindo 40 andares em 1899 módulos foi finalizada em 30 meses, através de módulos volumétricos – Figura 2.5.



Figura 2.5: Alto edifício elaborado com Construção Modular *Off-site* (ARCHDIAL, 2019)

As oportunidades de gestão e modelagem 3D a partir de recursos como Design Assistido por Computador ou Fabricação Assistida por Computador (CAD/CAM) se encaixam com a montagem externa das peças imobiliárias em um ambiente organizacional e tecnológico, somando mais uma razão para alavancar a indústria neste sentido (DOERMANN, 2020). As perspectivas para o futuro carregam a crença em mudanças a partir da modulação e construção pré-fabricada, posto que os recentes empreendimentos, frutos de tal modalidade, tem revertido a negativa impressão e reforçado as irrefutáveis vantagens para o mundo moderno.

2.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL

A consolidação do sistema construtivo essencialmente artesanal, a partir da união entre vedação por blocos e estrutura de concreto armado vem de um processo histórico evolutivo que teve início com a colonização seguida pela construção de igrejas católicas, que demandaram técnicas mais elaboradas de empilhamento de blocos. Segundo Spadeto (2011), tal evolução de métodos construtivos seguiu a dinâmica mundial, entretanto com um significativo atraso na inserção de novas tecnologias.

Um dos períodos que mais se destacaram no desenvolvimento do país foi a implementação de Brasília, na década de 60. Isto influenciou diretamente e fomentou a indústria construtiva. O fenômeno conhecido como “Milagre Econômico” aconteceu logo em seguida,

nos anos 70, que se refletiu no aumento do PIB do país e em incentivos financeiros para o consumo imobiliário (MELLO, 1997).

Este cenário favorável ao crescimento do mercado de imóveis foi afetado gravemente pela Crise do Petróleo, na mesma década. O orçamento das obras em andamento sofreu acréscimo significativo, uma vez que o governo recorreu ao aumento das taxas e juros na tentativa de contornar a crise (MELLO, 1997). O período conhecido como “década perdida” teve como símbolo a estagnação econômica e o aumento da dívida externa (SINDUSCON-MG, 2012).

A elevada demanda por mão-de-obra e materiais de construção presenciada nos anos anteriores provocaram um crescimento desordenado das construtoras. A maneira de construir se desenvolveu sem planejamentos visando propriedades de organização e produtividade. Com a chegada da crise, foi também o momento de buscar soluções tecnológicas com potencial de elevar a produtividade na formação dos empreendimentos civis (MELLO, 1997).

O fim da década de 80 foi o período de pesquisa pela racionalização, que pode ser entendida por um conjunto de práticas que, se aplicadas no processo tradicional de construção, podem reduzir o desperdício de tempo e materiais, com impacto direto no lucro. Algumas destas adaptações foram bem aceitas por empresários do setor por não demandam elevado investimento inicial ou grau de especificidade de execução (CBIC, 2016).

O Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo (IPT) catalogou diversas soluções deste tipo, em um extenso trabalho elaborado por volta de 1980. O propósito foi oficializar e divulgar as opções e parâmetros a elas associados, fazendo seu registro para o Banco Nacional da Habitação (BNH). Além de técnicas de racionalização a serem empregadas em sistemas artesanais de construção, foram catalogados novos métodos baseados em pré-fabricação com a promessa de atender as demandas exigidas pelo setor (ABDI, 2015).

A conjuntura socioeconômica do país ao longo das décadas subsequentes influenciou as maneiras de construir em acontecimentos como a época de privatizações de estatais, o Plano Real de 1994, efeitos de globalização, entre outros. Esta relação direta é justificada pela importância econômica do setor de construção, que depende de elevado investimento financeiro e é responsável pela abertura de quantidades significativas de postos de trabalho. O máximo aperfeiçoamento dos métodos de construção é observado em períodos de intensa competitividade do setor e necessidade imediata de corte de gastos ou aumento da produção (SPADETO, 2011). Entretanto, o aumento da linha de crédito para investir e comercializar no setor não cresceu de forma proporcional, levando a um cenário dispendioso para as empresas, que recorreram a empréstimos com altos juros (SINDUSCON-MG, 2012).

Somente mais tarde, após 2004, o setor começou a sentir os impactos positivos de medidas que proporcionaram condições de compra para população, como a oferta de empregos formais e a ampliação do crédito e melhor previsibilidade econômica (SINDUSCON-MG, 2012). O auge ocorreu em 2009, quando o Governo Federal, por meio do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), uniu esforços para frear o *déficit* habitacional do país. As soluções técnicas para aumentar o volume de produção sem necessidade de contratação de mão-de-obra excedente, ou até mesmo, visando a diminuição do número de funcionários despontaram nesta época (CBIC, 2016).

A indústria da construção civil é também afetada diretamente por novas ideias em crescimento no mundo globalizado. É o caso da crescente exigência com a preocupação com a sustentabilidade. Isto se reflete na necessidade de pesquisas e implementação de prédios inteligentes, com energia renovável, balanço zero de energia e desperdícios mais controlados, desde a construção ao funcionamento para fidelizar clientes comprometidos com estas convicções sustentáveis (CBIC, 2016).

Com as inovações instituídas durante a Revolução Digital, o foco na inteligência virtual tanto em funcionamento quanto na fase de concepção de uma edificação pode ser realizado. (MELLO, 2019) Os avanços têm possibilitado facilidades como o monitoramento e identificação de materiais e serviços executados em tempo real, gestão e acompanhamento remotos, registro de informações para criação de uma biblioteca de dados fundamentais ao estudo da produtividade, entre outras (PORTO *et al*, 2018). Entretanto, o país carece de desenvolvimentos para, então, explorar todas as alternativas tecnológicas que poderiam agregar valor às edificações.

A partir de tal mapeamento histórico, conclui-se que o modo de construir brasileiro é sensível às flutuações do mercado imobiliário e da economia. Os reflexos não estão apenas em variações de relações de compra e venda ou de níveis de interesse de investidores, mas também na forma de aplicar os materiais, contratar os serviços e conduzir todas as etapas dessa cadeia de produção. Existe interesse de inovação, porém alguns obstáculos persistem, atrasando o desenvolvimento e mantendo preços elevados de venda para os clientes, destacando-se a forte influência que o setor absorve perante as instabilidades econômicas.

3 A CONSTRUÇÃO MODULAR *OFF-SITE*

No método denominado Construção Modular *Off-site* o princípio da industrialização é fortemente aplicado. O empreendimento é formado pela união de módulos produzidos em uma fábrica desassociada do canteiro de obras, que por sua vez passa a ser um local apenas para montagem das estruturas dos segmentos modulares. Desta forma, as variáveis inerentes ao processo de fabricação *in situ* darão lugar a processos sistêmicos em um ambiente fabril, com organização própria, evitando o desperdício de tempo, materiais e energia (FARMER, 2016).

3.1 CATEGORIAS

A construção dos módulos que compõe os empreendimentos é dividida em três classes principais, considerando a complexibilidade dos elementos. A Figura 3.1 aponta alternativas mais adequadas mediante simples premissas de projeto. Cabe ao construtor avaliar a classe mais adaptável a sua realidade, considerando os custos, eficiência e prazos a alcançar.



Figura 3.1: Especificações do projeto e respectivas soluções modulares. Adaptado de: BERTRAM *et al*, 2019.

3.1.1 Sistema em painéis (2D)

São painéis pré-fabricados que, em geral, recebem as instalações, revestimento e acabamento no local de uso, após instalação (TZOURMAKLIOTOU, 2021). Durante a produção, são munidos de orifícios para posterior passagem de conduítes, tubulações e conectores. Dessa forma, a montagem das unidades é simplificada em comparação com o procedimento tradicional. (BERTRAM et al, 2019)

3.1.2 Sistema volumétrico (3D)

Módulos tridimensionais isolados ou em conjunto, pré-projetados e pré-fabricados, principalmente em madeira e aço. Após o transporte são fixados e encaixados entre si, compondo o empreendimento final. Recebem as instalações prediais ainda na fábrica, incluindo as louças do banheiro, bem como o revestimento das paredes e pisos (TZOURMAKLIOTOU, 2021).

A abordagem é interessante para unidades caracterizadas pela repetibilidade de design, como unidades familiares, prédios de universidades e faculdades (TZOURMAKLIOTOU, 2021). A principal desvantagem é o “transporte de ar” na fase de traslado do produto ao destino final, posto que, em seu interior, há espaço livre, computando um desperdício. Por outro lado, há significativa economia de tempo e eficiência da montagem, ponto que se reflete no barateamento do custo final em relação a construção tradicional. (BERTRAM et al, 2019)

3.1.3 Sistema híbrido (2D + 3D)

A combinação de painéis com unidades volumétricas agrega os benefícios das duas modalidades. A ideia é padronizar ambientes como repetitivos de áreas molhadas, como banheiros, porém flexibilizar o design de outros cômodos, com a adoção de painéis. (BERTRAM *et al*, 2019). O desafio se torna administrar a cadeia de produção e a conexão entre os diferentes elementos. (TZOURMAKLIOTOU, 2021).

3.2 MATERIAIS

A escolha da matéria-prima passa por questões que consideram a disponibilidade e a normatização técnica para seu uso de maneira segura (DOERMANN, 2020). Uma vez que a construção será transportada e instalada, os materiais devem ser leves, resistentes e duráveis, sem resistir a movimentos a longo prazo e a soluções arquitetônicas robustas (ROGAN, 2000).

Os componentes volumétricos podem ou não ter função estrutural. No segundo caso são “capsulas” individuais prontas para serem acopladas a uma superestrutura já existente, enquanto no primeiro, a união das unidades compõe o edifício, sem a necessidade de outros componentes estruturais (WILSON, 2020). Os materiais selecionados para tal subsistema variam entre madeira maciça, aço, concreto, ou uma combinação destes – Figura 3.2a e 3.2b. Estima-se que aço tem sido o predominante em um panorama internacional, porém nos Estados Unidos e Canadá, por exemplo, tem aumentado o estudo a respeito do uso de madeira maciça (DOERMANN, 2020).



Figura 3.2a: Montagem típica de estrutura de aço em fábrica (VELAMATI, 2012)



Figura 3.2b: Montagem típica de estrutura de madeira maciça em fábrica (VELAMATI, 2012)

O sistema de vedação em construções modulares adota materiais com baixo peso próprio, que proporcionem o devido fechamento e o transporte facilitado. Seguindo os princípios de uma construção enxuta e leve, a adoção de placas cimentícias e placas de gesso acartonado tem sido ideal, tanto para divisórias, paredes externas e teto (WILSON, 2020). Este material difere do que é praticado na construção tradicional, por empilhamento de blocos. Já os demais subsistemas como instalações prediais, cobertura, forro e revestimentos, os materiais são os mesmos utilizados na indústria convencional, desde que se adaptem às etapas da fabricação das unidades.

Os componentes volumétricos podem ou não ter função estrutural. No segundo caso são “capsulas” individuais prontas para serem acopladas a uma superestrutura já existente, enquanto no primeiro, a união das unidades compõe o edifício, sem a necessidade de outros componentes estruturais (WILSON, 2020).

3.3 FABRICAÇÃO

O procedimento pode ser comparado à fabricação de um automóvel, em quatro estágios principais: design, montagem, transporte e construção (VELAMATI, 2012). O grupo Toyota Homes tem apostado nessa ideia e na experiência adquirida na indústria automobilística para consolidar uma companhia focada em entregar habitação a baixo custo e alto nível de qualidade (VLOGGER, 2015).



Figura 3.3: Trabalhadores da Toyota em montagem unidade modular (ARCHNET, 2019)

O primeiro passo para a produção é a especificação detalhada de um projeto, bem como sua aprovação por uma unidade reguladora. Na sequência a construção é iniciada e concluída, em uma fábrica, e preparada para o transporte – Figura 3.4. Uma vez entregues ao local de destino ocorre a instalação de maneira compatível com a fundação pré construída no terreno – Figura 3.5 (DOERMANN, 2020).



Figura 3.4: Início do transporte de uma unidade modular (DOERMANN, 2020)



Figura 3.5: Instalação das unidades e montagem do edifício (VELAMATI, 2012)

Os módulos 3D em construção *off-site* são concluídos de dentro para fora, de maneira oposta ao que é praticado na construção convencional. Segundo Wilson (2020), a princípio uma “caixa” é montada, em seguida o objetivo é construir a parte interna, inserindo as instalações, pisos e divisórias e, por fim, o lado externo é concluído. Esse esquema de fabricação está exemplificado a seguir – Figura 3.6. Para painéis 2D, o esquema é semelhante até alcançar o grau ideal de pré-fabricação estipulado no projeto.

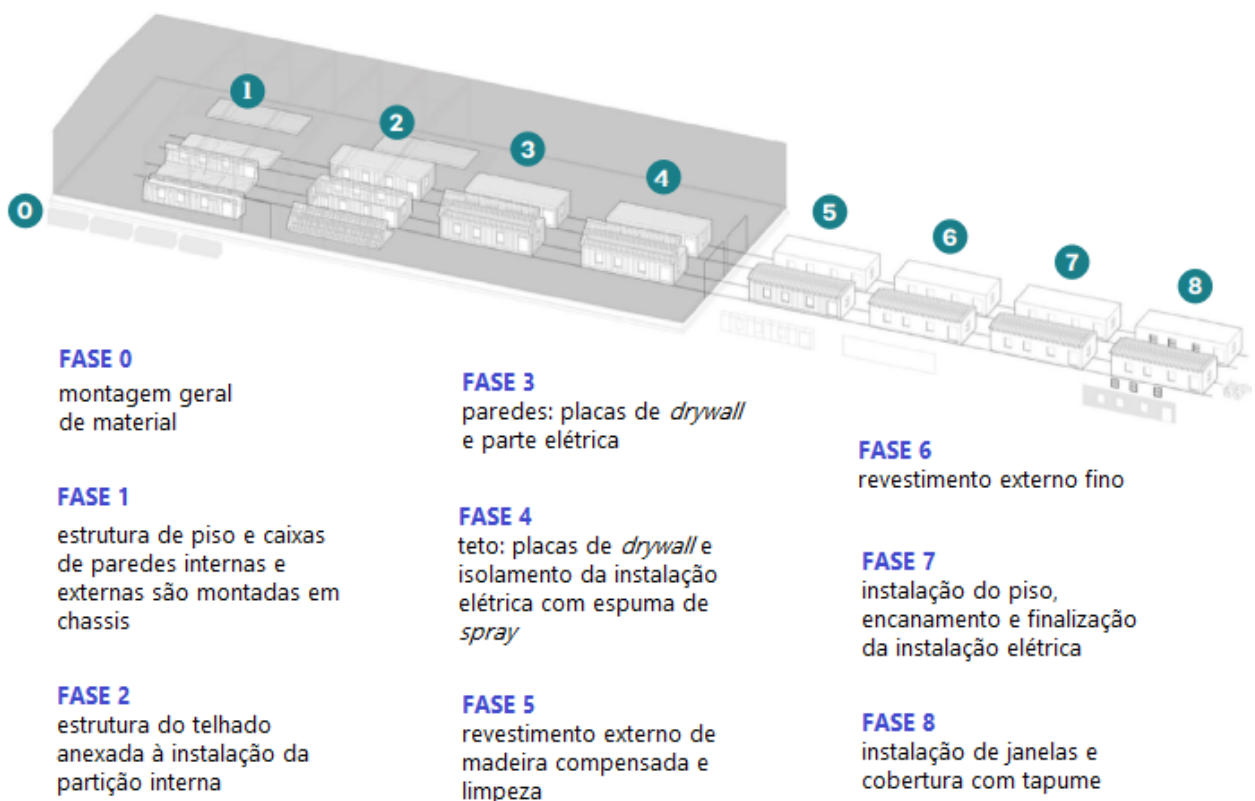


Figura 3.6: Esquema de fabricação de módulos 3D. Adaptado de: WILSON, 2020.

3.4 VANTAGENS

Muitos são os benefícios proporcionados pelo uso da Construção Modular *Off-site*. Dentre eles, destaca-se a redução dos prazos de obra (TZOURMAKLIOTOU, 2021). Tal fator é proveniente do aumento da produtividade, que reverbera condições positivas à produção, alterando os custos, as relações de trabalho, os impactos ao meio ambiente e as dinâmicas de investimento. A seguir são discutidos os benefícios da técnica sob aspectos distintos.

3.4.1 Sustentabilidade

O meio ambiente fica exposto a menores condições agressivas. Os resultados de uma pesquisa realizada na China traduzem essa vantagem na queda dos números de emissão de gases estufa de 368kg/m², do sistema convencional, para 336kg/m², concentrada principalmente na diminuição da emissão de GEE de materiais de construção. (DEAKIN, 2020) Outro estudo realizado em edifícios localizado em Norflok, no Reino Unido, indicou que uma casa construída com construção *off-site* de madeira com painéis externos, alcançou índice de carbono incorporado 34% menor que residências tradicionais (DOERMANN, 2020).

A justificativa para isso é a forma de manuseio dos materiais, mesmo sem levar em consideração a substituição dos elementos empregados frequentemente por opções mais amigas do meio ambiente (DOERMANN, 2020). As dinâmicas de recebimento, operação e estocagem em fábrica são mais controladas e há, ainda, redução do descarte de materiais.

A vizinhança do local da obra também é beneficiada por menores perturbações sonoras e visuais, ou por poeiras. Contribui com isso a possibilidade de uso de fundações mais leves que causam deslocamentos menores nos solos na etapa de cravação ou, em determinadas condições, são indeslocáveis (BERTRAM *et al*, 2019).

Considerando os ideais do mundo moderno, cada vez mais voltados a questões ambientais, atender aos requisitos sustentáveis significa pontuar com os clientes que as consideram ao decidir suas compras. É importante que a indústria evolua também neste sentido, acompanhando as tendências das novas gerações.

3.4.2 Trabalho e mão de obra

Acredita-se que até 80% das atividades tradicionalmente executadas no canteiro de obras podem ser transferidas para fora do local de instalação, na fábrica (BERTRAM *et al*, 2019). A essa substituição associam-se maiores graus de sensação de segurança, pois o ambiente organizacional de uma indústria proporciona maior controle executivo, menores riscos de acidentes e quedas, operações em posições mais adequadas à anatomia humana, incluindo a menor necessidade de trabalho em altura.

Ademais disso, em uma pesquisa realizada na China, o esforço de trabalho reduziu cerca de 16%, aumentando o bem-estar dos operários e explorando de forma mais inteligente o capital humano (OLEARCZYK, 2014). Este ponto influencia na própria qualidade do serviço, posto que há maior satisfação daqueles que o executam ao perceber resultados eficientes com menor desgaste físico.

O layout fabril e a regulamentação nas etapas de manuseio de materiais, com uso intensivo de robôs e máquinas, favorecem a saúde dos trabalhadores, que se deparam com menores níveis de poeira e contato direto com substâncias nocivas ao organismo (OLEARCZYK, 2014). Até mesmo as condições meteorológicas, que poderiam afetar o local de trabalho em um canteiro de obras a céu aberto, por exemplo, causam sensações mais amenas.

Em relação à contratação, percebe-se maior retenção de pessoal e diminuição da necessidade de subcontratados (OLEARCZYK, 2014). Isso ocorre pela própria valorização do trabalho, em nível mais avançado de especialização, que explora de maneira eficaz a destreza de cada profissional e a diversificação dos postos. Somando a isso, sabe-se que as falhas em padrões de qualidade são desdobramentos diretos do alto índice de terceirização de pessoal, dada a baixa capacidade de fiscalização de serviços de terceiros (FARMER, 2016). Portanto, com a fidelização da equipe, é intuitivo esperar maior qualidade do produto final.

3.4.3 Cronograma

O encurtamento do cronograma de obras construídas em módulos *off-site* é um fato para empresas do ramo (DEAKIN, 2020). Estima-se a redução entre 20 a 50% do tempo de obra, se comparado a sistemas tradicionais (BERTRAM *et al*, 2019). A empresa Factory OS, sediada nos Estados Unidos, apresentou o valor médio de 45% (FACTORY OS, 2021). Distante dali, no Japão, o tempo médio de 120 dias para conclusão utilizando a carpintaria convencional foi rebatido por 40 dias desde a confecção da casa, que leva em torno de 2 dias, até sua completa instalação (VLOGGER, 2015). Na Escócia, uma pesquisa conduzida pelo Instituto Federal Suíço de Tecnologia (ETH Zurique) e Eindhoven University of Technology, concluída em 2010, apontou prazo de execução residencial 37% inferior em países americanos e europeus (DEAKIN, 2020). Para alcançar essas medidas de produtividade, é necessário seguir certas premissas de projeto, como a garantia da integração entre projetos de diferentes subsistemas e o estudo severo das rotas de transporte para entrega das unidades em um bom prazo, entretanto, a possibilidade é real.

Os processos industriais carregam maior faixa de previsibilidade de ocorrências negativas, fruto do vasto uso de automação para precisar as tolerâncias. Assim, o planejamento e a gestão dos processos ganham maior grau de certeza (DEAKIN, 2020). A sensibilidade e notificação de possíveis falhas de forma rápida, ainda no processo produtivo, aumenta a chance de correção imediata. Esse controle reduz a necessidade de retrabalho, fator extremamente presente em obras tradicionais, nas quais, quando há necessidade de ajuste, os custos e o tempo despendido pode repercutir em atrasos significativos (BERTRAM *et al*, 2019). Na construção

fora do local de implementação, as decisões são tomadas fora do canteiro (VELAMATI, 2012). Dessa forma, o ajuste do cronograma em caso de paralisação é independente do planejamento do uso físico da obra, isso facilita o planejamento e garante maior espaço para solução de conflitos.

A participação integrada entre os projetistas responsáveis por subsistemas distintos, como instalações prediais, estruturas, vedação, é primordial para garantir o cumprimento dos prazos. A aposta na maturidade digital na fase de planejamento deve acompanhar a evolução das fábricas de construção modular.

Ainda considerando a sobreposição de tarefas, destaca-se a possibilidade de execução dos serviços preliminares *on-site*, até a etapa de finalização das fundações, ao mesmo tempo em que os módulos são construídos *off-site* (BERTRAM *et al*, 2019). Além da concomitância entre etapas, o serviço de locação de paredes diretamente na obra é eliminado, contribuindo com a diminuição do tempo de serviço.

Uma razão diretamente relacionada aos tempos de entrega é o aumento da carga horária de trabalho (BERTRAM *et al*, 2019). A empresa Factory OS contabiliza um dia operacional incluindo 12 horas, divididas em equipes por três turnos (FACTORY OS, 2021). Ainda sobre o regime de trabalho, vale destacar que este não sofre pausas condicionadas ao clima local, como chuva, frio ou temperaturas elevadas, prejudiciais aos materiais e ao pessoal. No Canadá, por exemplo, essa particularidade expande intensamente a capacidade de produção, por se tratar de um país com severas quedas de temperatura (DOERMANN, 2020).

3.4.4 Custo

A transição do canteiro de obras para a fábrica oportuniza um horizonte de custos de construção inferiores. Em regime industrial, como mencionado, segundo Olearczyk (2014), o aproveitamento da mão de obra é tal que com menor tempo de serviço, obtém-se resultados mais avançados no cronograma. Outrossim, a concepção do design dos módulos padronizados e com repetibilidade de dimensões reduz o desperdício de tempo e insumo, podendo atenuar os custos totais. O desperdício torna-se deveras inferior também no que tange ao consumo de materiais. A relação entre insumos adquiridos e elementos construídos é superior àquela relacionada a metodologias tradicionais, afetadas, por exemplo, pelo alto índice de quebra de peças cerâmicas e de danos a materiais estocados por ação de variáveis climáticas.

Do ponto de vista físico-espacial, vale destacar que o estágio de implantação do canteiro de obras convencional, com espaço destinado a vasto estoque de materiais e ao ofício dos trabalhadores, é simplificado pela adoção da construção *off-site*. A devida circulação continua

sendo necessária, para recebimento das unidades prontas, porém, o montante de espaço liberado impacta positivamente no orçamento obra. Ademais, a precisão do planejamento tornam praticáveis mecanismos de entrega, em geral, mais econômicos, como *just-in-time* (BERTRAM *et al*,2019).

Em última análise, acentua-se que a imprevisibilidade de custos da alvenaria convencional, por vezes, incorre na criação de orçamentos irrealistas e na surpresa de gastos superiores ao planejado (BERTRAM *et al*, 2019). Para Farmer (2016), eventualmente, a construtora vencedora de um processo licitatório é, na realidade, aquela que mais se desviou dos custos, barateando-os em uma primeira análise. Isso configura um risco financeiro intrínseco ao método construtivo convencional, fato que não ocorre com expressividade em sistemas construtivos industrializados.

3.5 DESAFIOS

A abertura do mercado ao modelo construtivo modular em ambiente externo segue restrita. As razões para tal são multifacetadas e incluem, primordialmente:

- a baixa estigma atribuída aos produtos imobiliários construídos em indústrias;
- a crença no enrijecimento do design por conta do princípio de padronização dos módulos e na necessidade de planejamento prévio pormenorizado;
- a complexibilidade associada ao transporte das edificações pré-fabricadas até o local de uso;
- a mudança temporal no cronograma físico-financeiro, que pode exigir aumento significativo de montante inicial para o investimento;
- a distinta oferta da cadeia de suprimentos, com mão de obra e materiais, adequados ao projeto;

A seguir é suscitada uma discussão a respeito dos pontos apresentados para que sejam contrapostos com as vantagens anteriormente descritas.

3.5.1 Questão cultural

A desconfiança da maioria dos consumidores em relação às construções industrializadas ganha contornos bem definidos ao analisarmos edificações que, no passado, não corresponderam às expectativas dos compradores, apresentando, por exemplo, problemas no isolamento térmico e acústico (VLOGGER, 2015). Ou ainda, a associação deste tipo de empreendimento àqueles construídos provisoriamente em situações de emergência, como em

períodos pós desastres naturais ou guerras, já pontuados no capítulo 2. É possível inferir que o caráter de rapidez faça menção à baixa qualidade.

Do outro lado estão os investidores que, por falta de conhecimento, temem aplicar capital e recursos no sistema “inovador” (BERTRAM et al, 2019) e, ainda, enfrentar a concorrência de construtoras regionais estabelecidas sobre processos amplamente difundidos (VLOGGER, 2015).

Embora, de acordo com Doermann (2020), nos últimos anos, os indivíduos tenham demonstrado um ligeiro avanço rumo à aceitação da técnica e conseguinte aumento da indústria, o perfil tradicionalista das construções ainda se impõe como empecilho à inserção de novas proposições construtivas.

3.5.2 Design e planejamento

Na construção tradicional, o layout dos ambientes é previamente personalizado pelo trabalho de um profissional qualificado, como arquiteto. Somente após a criação de tal projeto, inicia-se a fase de construção. Essa dinâmica prioriza o design e não o produto, seguindo a ideia de “fabricar para o design”, como pontua Deakin (2020). Já na construção modular, o desenho pode ser adaptável na fábrica, pois o foco é o produto, como acontece na indústria automobilística (BERTRAM et al, 2019). Dessa maneira, há padronização parcial dos empreendimentos. Alguns profissionais da área acreditam que isso limita a criatividade e adaptabilidade do produto aos usuários (DEAKIN, 2020). Isso se configura como preceito para não adesão desse método construtivo.

Por outro lado, Olearczyk (2014) aponta que, por se ter uma base da estrutura inicial, o ajuste de arranjo espacial do projeto pode ser feito pelo cliente, até mesmo, pela internet. Algumas empresas estão buscando criar bibliotecas de design para satisfazer a carta de consumidores (THE BIM, 2021). Essas inovações não seriam possíveis na construção *on-site*, posto que a integração entre o programa de diferentes subsistemas é um ponto crítico no modelo convencional. Enquanto isso, na produção por módulos, a conclusão da edificação leva, em geral, poucos dias e o trabalho cooperativo entre projetistas de diferentes especialidades propicia facilidade na adequação das áreas. Ademais, em caso de alteração das configurações iniciais, o retrabalho executivo é deveras simplificado (BERTRAM et al, 2019). Entretanto, para tal, é necessário que haja aproximação entre os desenvolvedores a fim de criar um projeto conciso e praticável dentro de um prazo aceitável, bem antes do início da construção. Isso demanda competências bem desenvolvidas e acaba por amedrontar profissionais em seu

interesse pela construção modular *off-site*, uma vez que as capacitações profissionais, de nível médio ou superior, são apontadas por alguns autores como insuficientes (MARKS, 2020).

3.5.3 Desafios da cadeia de abastecimento

A mão de obra básica deve ser requalificada para manter afinidade com as tecnologias. Isso reivindica a importância do incentivo a sucessivos treinamentos de pessoal (DEAKIN, 2020). Além disso, tal força de trabalho não deve ser flutuante, para que não se perca o investimento educativo aplicado no operário da indústria (MARKS, 2020). Assim, as dinâmicas de emprego vigentes podem sofrer alterações, pois a tendência é que os trabalhadores saibam desenvolver artifícios de programação de maneira competente (FIRJAN, 2020).

Ainda nesse campo, vale avaliar que, dado o melhor aproveitamento do capital humano, descrito no capítulo anterior, há risco de diminuição dos postos de trabalho (BERTRAM *et al*, 2019). Consequentemente, os índices de desemprego podem sofrer aumento - resposta negativa e desafiadora à economia.

O suprimento de materiais também se torna um obstáculo, uma vez que não é possível afirmar que seus custos, na padronização industrial, se tornariam mais baratos (TZOURMAKLIOTOU, 2021). Isso se dá porque a intensa automatização requer produtos que possam ser manipulados por máquinas. Estes, em geral, demandam alto padrão de precisão de medidas e qualidade e são elementos mais caros (THE B1M, 2021). Em contrapartida, a mão de obra essencialmente artesanal é capaz de adequar determinadas peças para utilização, ainda que um tanto defeituosas, evitando o descarte, sem exigências severas de dimensões com exatidão. Nesse ponto, uma alternativa é apostar na compra de lotes numerosos, a fim de negociar descontos com os fornecedores, porém o risco de prejuízos financeiros é factual.

3.5.4 Financiamento do projeto

No que diz respeito ao financiamento do projeto, há de se considerar o encurtamento do cronograma como ponto negativo. Embora o tempo de retorno do investimento seja reduzido, pela rápida construção e posterior venda, o montante para dar início à produção deve ser maior, pois em menos tempo, menor será o número de parcelas (BERTRAM *et al*, 2019).

Além disso, o distanciamento da construção de seu local de uso, tende a repercutir em inseguranças do credor quanto a integridade da edificação, quando ainda está em produção na fábrica, que é agravado pelas incertezas explicitadas no ítem anterior. Seria interessante aumentar o monitoramento das etapas construtivas para que os clientes pudessem acompanha-

las em tempo real ou por inspeções diretas no local (DOERMANN, 2020). Este ponto geraria gastos adicionais ao processo.

Os impactos de variáveis flutuantes do mercado da construção, como o peso da carga tributária sobre os insumos, são repercutidos significativamente no valor final do produto e, conseqüentemente, no lucro do investidor (DEAKIN, 2020). Pesquisas apontam que seria necessário manter uma cadeia de demandas constantes e estáveis conferir menos instabilidade, o que não se vê no momento, posto que a adesão do método ainda é baixa (DOERMANN, 2020).

3.5.5 Transporte

Por fim, cabe avaliar o desafio imposto pela etapa de transporte, na qual o produto construído é entregue ao endereço destinatário para ser fixado à fundação, concluindo o empreendimento. Devem ser considerados elementos suporte, como membros de reforços, que venham garantir a integridade dos módulos no transporte e também na etapa de içamento. Ademais, deve-se verificar as distâncias e criar pesquisas rodoviárias, buscando os limites de altura, largura e peso permitidas no percurso e assegurar que a estrutura não os ultrapasse. A estes estudos desdobram-se custos adicionais que devem ser considerados e adicionados ao preço do combustível e das peças de reforço, compondo as despesas referentes ao transporte. Outrossim, é necessário reservar um profissional habilitado para fazer tais análises, incomuns no âmbito da construção convencional (OLEARCZYK, 2014).

4 REVISÃO FINANCEIRA

A construção modular *off-site* é promissora, como exposto anteriormente, porém sua implementação proveitosa carece de determinados ajustes. Ademais, na atual conjuntura econômica, foi identificado um novo obstáculo: a escalada de preços de matérias-primas do setor da construção civil no Brasil. Assim, é providencial a análise financeira, para avaliar o comportamento do plano de custos de fabricação dos módulos e de que maneira aqueles podem impedir ainda mais o avanço da técnica no país.

4.1 O AUMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO NO BRASIL

Os recentes acontecimentos nas esferas política, econômica e social tem levado a alterações na dinâmica de custos da construção civil. Dentre os fatores que tem impactado o setor está o surgimento de um novo vírus, no final de 2019, denominado Covid-19, que causa uma doença associada a síndromes respiratórias. A alta taxa de transmissibilidade desse vírus instaurou uma pandemia histórica. Governos e autoridades impuseram medidas de distanciamento social para conter o avanço da doença. As nações experimentaram momentos de paralisação das atividades e isolamento em casa para que, reduzindo o contato entre a população, os casos de infecção não alcançassem níveis extremos. Com isso, os hábitos de trabalho e consumo foram significativamente alterados, induzindo à recessão econômica sem medidas (CNS, 2020).

O setor da construção civil gerenciou de forma satisfatória os impactos dessa crise e manteve suas atividades, ainda que com restrições, por se tratar de um setor essencial. Entretanto, efeitos adversos vem, principalmente, de incrementos de custos impostos por novos protocolos de trabalho que evitam aglomerações e por entraves na cadeia de suprimentos. Segundo dados do IBGE, a redução da produção de insumos foi notória em meados de 2020 – Figura 4.1 (CBIC, 2021).

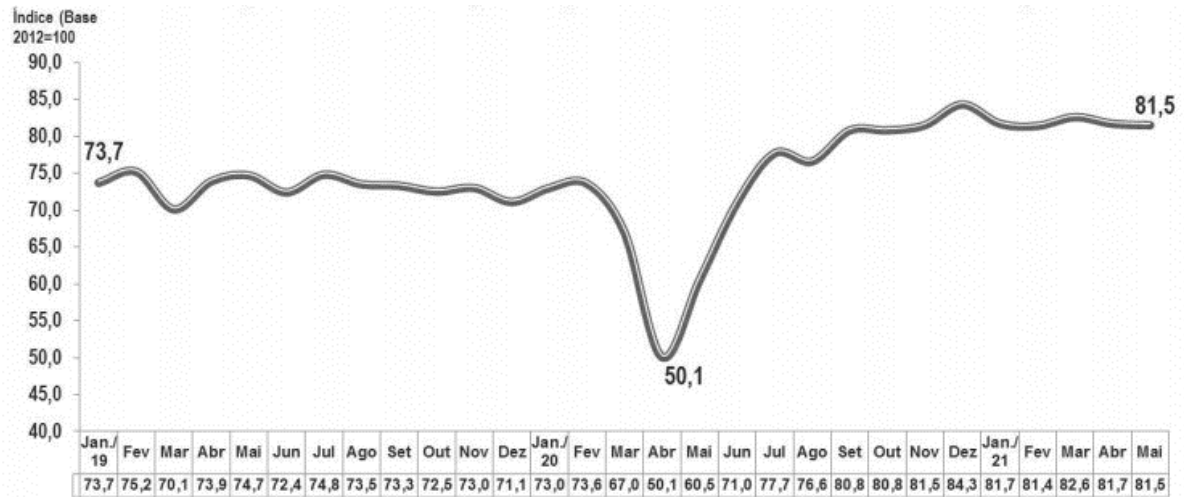


Figura 4.1: Evolução do índice de produção física de materiais de construção (CBIC, 2021)

Em abril de 2020, diversas empresas sinalizaram a paralisação de indústrias como forte ameaça ao suprimento de materiais de construção. Posteriormente, com a suspensão das medidas de distanciamento mais severas, o ritmo de retomada da produção começou a acelerar, provocando a ascensão da curva do gráfico. Entretanto, este aquecimento não foi satisfatório para preencher a escassez de materiais instaurada não apenas por conta do período de redução de produção, mas também pelo forte aumento da demanda, dado o crescimento do setor para além das expectativas dos especialistas. Como resultado de tal desequilíbrio, são frequentes os atrasos nos pedidos e o custo inflacionado da matéria prima até o presente momento, no terceiro trimestre de 2021 (CBIC, 2021)

Ao acompanhar o preço de importação do aço, por exemplo, observa-se o gráfico – Figura 3.4 - desenvolvido pela Cooperativa Central da Construção Civil no Brasil (Coopercon), no qual o preço médio da barra de aço subiu, em média, 50% desde o ano de 2020 (COOPERCON, 2021).

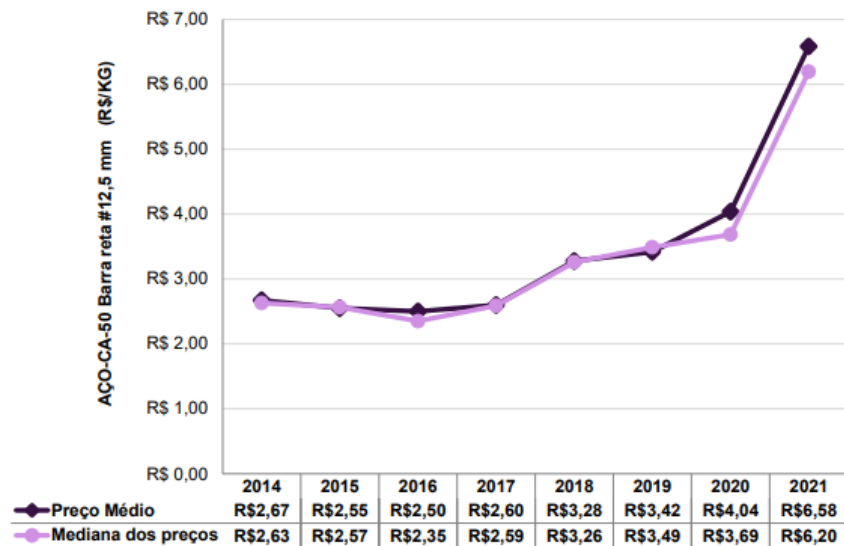


Figura 4.2: Comparativo entre médias e medianas de preço de compra de aço (COOPERCON, 2021).

Embora a importação seja uma alternativa para contornar os embargos da indústria nacional, os esforços, por vezes, não dão retorno adequado. Na sondagem especial de março de 2021 elaborada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), foi apontado que 79% do montante de empresas que opta pela importação enfrenta dificuldades para obter os produtos, ainda que invistam mais dinheiro (CNI, 2021b).

Por outro lado, o setor cresceu de maneira surpreendente em meio ao cenário de crise, evidenciado pelo elevado incremento de vagas para trabalhadores formais, de vendas e de lançamentos. Com isso, a necessidade de materiais subiu de maneira inesperada, porém, não tem sido suprida satisfatoriamente (CBIC, 2021c). De acordo com a pesquisa realizada pela CIBIC em 162 cidades brasileiras, publicada no fim de agosto de 2021, houve aumento de lançamentos e de vendas e queda na oferta final, isto é, redução do número de imóveis ainda não vendidos – Figura 3.5. No ritmo atual de vendas e lançamentos, dentro de 8 meses se esgotariam os produtos imobiliários disponíveis. Este tempo é o chamado número de meses para escoamento da oferta, o menor já registrado desde o segundo trimestre de 2020 – Figura 3.6 (CBIC, 2021d).



Figura 4.3: Lançamentos e vendas de imóveis em 2021 (CBIC, 2021d)

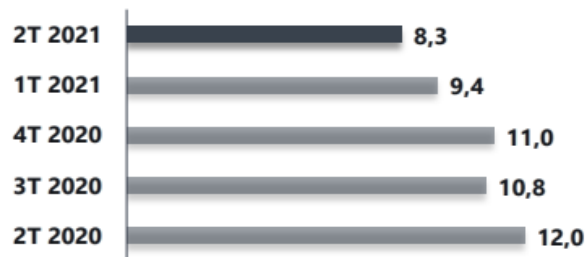


Figura 4.4: Número de meses para o escoamento da oferta de imóveis (CBIC, 2021d)

Na indústria da construção, 30% das empresas afirmam que não estão conseguindo acompanhar a demanda (CNI, 2021b). A alta da matéria prima associada a esta redução da oferta atenta para um quadro crítico com baixa nas residências a serem comercializadas e consequente aumento do preço final. Isto irá reduzir o poder de compra dos consumidores e a lucratividade das construtoras.

Além da desaceleração da fabricação de materiais, existe a ameaça do aumento da energia elétrica. Segundo dados do CNI, as usinas hidrelétricas representam 60% da energia do país e são a alternativa mais barata. Porém, para que tal geração energética se mantenha estável, o Brasil deverá contornar a crise hídrica que tem atravessado em 2021. Os consumidores já tem visto aumento das faturas de energia e a indústria da transformação sofrerá prejuízos (CNI, 2021a).

A falta de homogeneidade nos elos da cadeia de suprimentos tem sido afetada, ainda, pela desvalorização do real. Os impactos são vistos em produtos importados e, também, em internacionais, pois o preço é associado ao mercado global (CNI, 2020). Além da alta do dólar, destaca-se a alta das commodities minerais e metálicas, que são base para muitos produtos aplicados em construção e o aumento de combustíveis que infla o custo do frete (SINDUSCON-RIO, 2021).

4.2 DADOS QUE RETRATAM O AUMENTO DE CUSTOS

Uma das formas de mensurar a alta nos custos do setor construtivo é o acompanhamento do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) - criado e calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Esta monitora os custos em sete municípios de capitais: Belo Horizonte, Brasília, Porto Alegre, Recife, Salvador, Rio de Janeiro e São Paulo. Seu cálculo é baseado na conjugação de pesos e preços referentes a uma cesta de produtos, equipamentos e mão de obra considerados mais representativos para o setor.

Inicialmente, são selecionados orçamentos analíticos de diferentes construtoras e agrupados de acordo com o tipo de edificação:

- H1: casa de um pavimento com sala, quarto e dependências, de 30 m² de área total, em média;

- H4: edifício habitacional de 4 pavimentos com sala, três quartos e dependências, de 2520 m² de área total, em média;

- H12: edifício habitacional de 12 pavimentos, com sala, três quartos e dependências, de 6013 m² de área total, em média;

Após a categorização das amostras, são identificados os itens de materiais e mão de obra de maior representatividade para o produto final e a distribuição regional de cada tipo de edificação. Com esse tratamento, são atribuídos valores de pesos que refletem a importância relativa dos itens selecionados em cada região.

Os itens e seus respectivos valores são selecionados a partir de orçamentos analíticos de diferentes construtoras, depois, compõem uma amostra que é ponderada considerando o uso regional de cada tipo de edificação (FGV IBRE, 2016).

A CIBIC em parceria com SENAI, utilizou este índice para avaliar e apresentar um balanço sobre o desempenho da indústria em 2020 e perspectivas para o ano de 2021. Os resultados mostram alta de 17.72% no INCC de materiais e equipamentos ainda no ano de 2020, chegando ao recorde desde a implementação do real (CBIC, 2020).

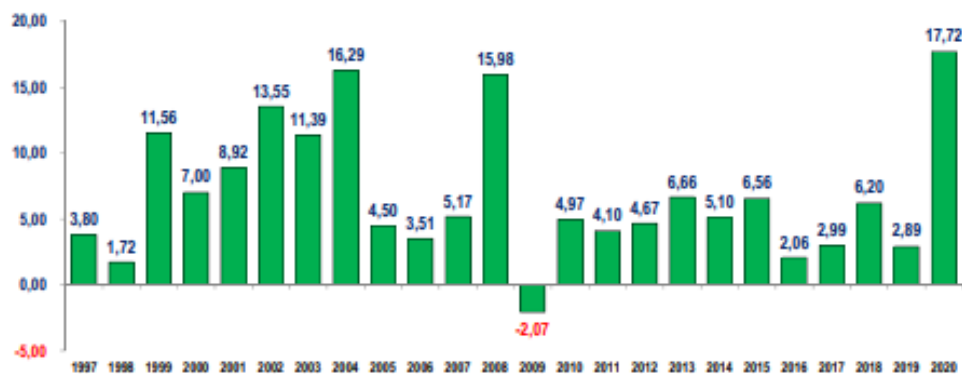


Figura 4.5: INCC de materiais e equipamentos – variações % acumuladas de janeiro a novembro de cada ano, de 1997 a 2020 (CBIC, 2020).

Em seguida, no ano de 2021, o INCC referente a julho, registrou aumento de 1,89%. Houve ainda uma escalada até o maior custo por m² observado desde setembro (R\$ 1448,78), conforme o gráfico da Figura 3.8 (IBGE, 2021b).

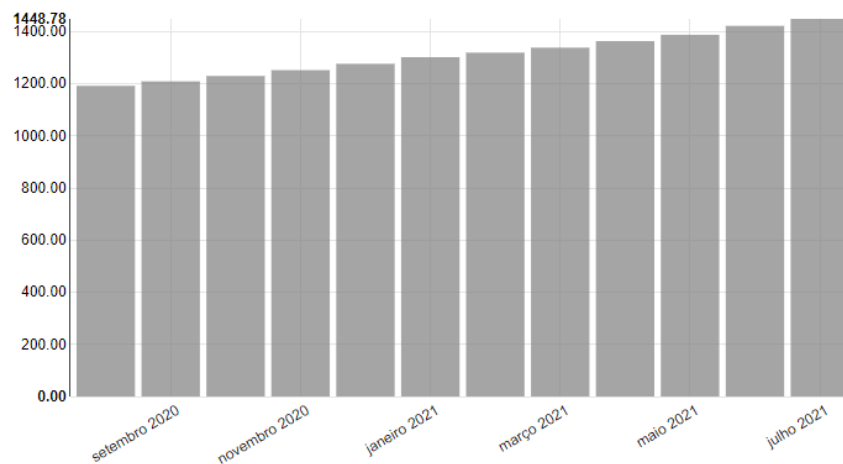


Figura 4.6: SINAPI – Custo médio do m² nos últimos 12 meses – moeda corrente – Brasil (IBGE, 2021b).

Este aumento foi confirmado, ainda, pelo periódico “Indicadores do IBGE”, que abarca tabelas, resultados e comentários sobre a economia. No fascículo referente ao setor da construção civil, publicado em julho de 2021, foi registrado aumento do custo de materiais de 2,88%, superior ao mês de junho de 2021, de 2,36%. De janeiro a julho o acumulado é de 20,09% (IBGE, 2021a). Em informativo econômico publicado em março de 2021 pela CIBIC temos uma lista de materiais com maiores elevações: condutores elétricos, tubos e conexões de ferro e aço, tubos e conexões de PVC, esquadrias de alumínio e elevador (CBIC, 2021b).

A tabela a seguir descreve a evolução do INCC acumulado em 12 meses (PORTAL DE FINANÇAS, 2021). O gráfico extraído desta reforça a tendência de crescimento nos últimos períodos – Figura 4.7.

Tabela 4.1: Evolução do INCC acumulado em 12 meses (%) , de janeiro de 2015 a agosto de 2021. Adaptado de PORTAL DE FINANÇAS, 2021.

jan/15	6.74	set/16	6.4329	mai/18	4.0264	jan/20	3.9878
fev/15	6.8038	out/16	6.3267	jun/18	3.4106	fev/20	4.1539
mar/15	6.953	nov/16	6.0832	jul/18	3.9265	mar/20	4.3514
abr/15	6.9318	dez/16	6.3374	ago/18	3.823	abr/20	4.0295
mai/15	5.9613	jan/17	6.3056	set/18	3.8541	mai/20	4.1542
jun/15	6.6101	fev/17	6.3162	out/18	3.9992	jun/20	4.0297
jul/15	6.4621	mar/17	5.8626	nov/18	3.9785	jul/20	3.9576
ago/15	7.1102	abr/17	5.346	dez/18	3.9681	ago/20	4.4549
set/15	7.1744	mai/17	5.2829	jan/19	4.0925	set/20	5.026
out/15	7.2493	jun/17	5.117	fev/19	4.1445	out/20	6.6729
nov/15	7.3562	jul/17	4.2124	mar/19	4.1029	nov/20	7.8871
dez/15	7.217	ago/17	4.3579	abr/19	4.3209	dez/20	8.6844
jan/16	6.8124	set/17	4.1187	mai/19	4.1025	jan/21	9.4107
fev/16	6.8337	out/17	4.1395	jun/19	3.7719	fev/21	10.1957
mar/16	7.2914	nov/17	4.2539	jul/19	3.9677	mar/21	11.9741
abr/16	7.0356	dez/17	4.0254	ago/19	4.0091	abr/21	12.8348
mai/16	6.7585	jan/18	4.015	set/19	4.4556	mai/21	14.6251
jun/16	6.3917	fev/18	3.6115	out/19	4.237	jun/21	16.8874
jul/16	6.8462	mar/18	3.4772	nov/19	4.1226	jul/21	17.3511
ago/16	6.2738	abr/18	3.8501	dez/19	4.133	ago/21	17.0484

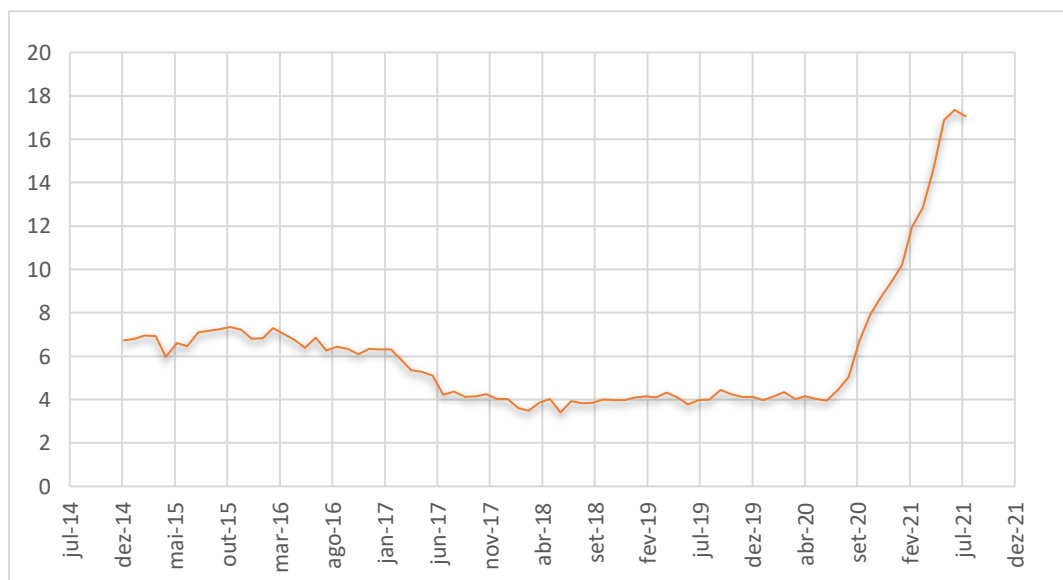


Figura 4.7: INCC acumulado em 12 meses, desde janeiro de 2015 a agosto de 2021.

A construção modular *off-site* é constituída de produtos diferentes daqueles considerados representativos nas edificações convencionais, logo, o INCC que abarca os materiais mais convencionais pode não refletir o aumento de custos para construção dos módulos. Torna-se relevante estudar de que maneira a flutuação dos materiais considerados em tais estudos mede a evolução do preço de construções modulares.

5 ESTUDO DE CASO

5.1 DESCRIÇÃO

Para fins de estudo de caso, será analisado um protótipo de um projeto modular *off-site* construído na cidade de São Paulo, no final de 2020 – Figura 5.1. O projeto foi desenvolvido por uma equipe da Escola Politécnica da UFRJ em um esforço coletivo entre alunos, professores e colaboradores para compreender com maior precisão como se dá o uso de equipamentos, a desenvoltura da mão de obra, o consumo de materiais, o avanço do cronograma, entre outros. No presente trabalho, o protótipo será utilizado para análise orçamentária, a fim de identificar a alteração de custos entre o praticado na fase de execução e na atual cotação, no terceiro trimestre de 2021. O objetivo é reconhecer de que maneira a medida do INCC é representativa para os casos de construção modular *off-site*.



Figura 5.1: Protótipo modular construído

A estrutura do modelo foi feita com perfis de aço e a vedação com placa de gesso e placa cimentícia – Figuras 5.2a e 5.2b. A área interna em planta é de 13,5 m², com largura de 3,5 m, comprimento de 4,5 m e altura de 3 m. O layout conta com quatro paredes externas e uma pequena parede interna para dividir o ambiente, ao lado de uma esquadria montada na área

reservada para cozinha – Figura 5.3. Há, ainda, outra esquadria no módulo, que é a porta de entrada em duas folhas – Figura 5.1.

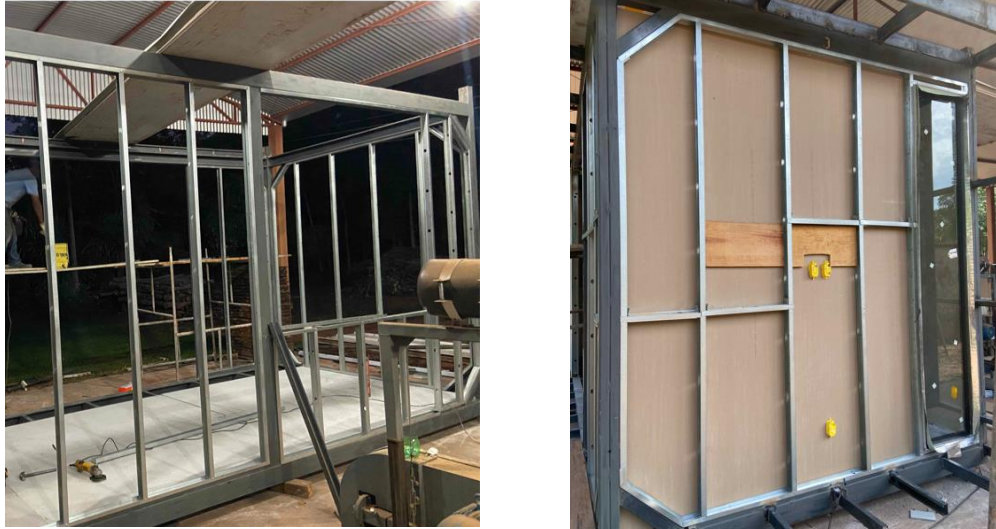


Figura 5.2a e 5.2b: Estrutura de aço e vedação do protótipo.



Figura 5.3: Ambiente interno do protótipo

As instalações elétricas foram colocadas durante a execução das paredes. A cobertura foi executada com estrutura de aço sobreposta por telhas de (de que) – Figura 5.4a. Há ainda uma estrutura de aço no chão, revestida com chapas de madeira – Figura 5.4b.



Figura 5.4a 5.4b: Cobertura e estrutura do piso.

5.2 ORÇAMENTO

O objetivo da análise do protótipo é refazer o orçamento com valores atuais, do terceiro trimestre de 2021 e compara-lo com o orçado na época da construção, no terceiro trimestre de 2020. Para isso, a lista de materiais utilizados e o mês de cotação serão descritos nas tabelas a seguir, bem como o valor total – Tabelas 5.1a, 5.1b, 5.1c, 5.1d, 5.1e, 5.1f, e 5.1g.

Tabela 5.1a – Estruturas

			OUT/20		SET/21	
Chapa 13 2,25 x 252,00 x 6000,00	54.43	Kg	R\$ 7.70	R\$ 419.11	R\$ 14.00	R\$ 762.02
Chapa 11 3,00 x 366,00 x 6000,00	210.82	Kg	R\$ 7.70	R\$ 1,623.31	R\$ 14.00	R\$ 2,951.48
Chapa 13 2,25 x 235,00 x 6000,00	50.76	Kg	R\$ 7.70	R\$ 390.85	R\$ 14.00	R\$ 710.64
Chapa 13 2,25 x 194,00 x 6000,00	83.81	Kg	R\$ 7.70	R\$ 645.34	R\$ 14.00	R\$ 1,173.34
Chapa 11 3,00 x 216,00 x 3500,00	145.15	Kg	R\$ 7.70	R\$ 1,117.66	R\$ 14.00	R\$ 2,032.10
Chapa 13 2,25 x 252,00 x 3000,00	13.61	Kg	R\$ 7.70	R\$ 104.80	R\$ 14.00	R\$ 190.54
Chapa 13 2,25 x 252,00 x 500,00	2.27	Kg	R\$ 7.70	R\$ 17.48	R\$ 14.00	R\$ 31.78
Chapa 13 2,25 x 226,00 x 500,00	2.03	Kg	R\$ 7.70	R\$ 15.63	R\$ 14.00	R\$ 28.42
Chapa 11 3,00 x 360,00 x 3000,00	103.68	Kg	R\$ 7.70	R\$ 798.34	R\$ 14.00	R\$ 1,451.52
Chapa 13 2,25 x 235,00 x 3000,00	101.52	Kg	R\$ 7.70	R\$ 781.70	R\$ 14.00	R\$ 1,421.28
Chapa 13 2,25 x 200,00 x 3000,00	21.6	Kg	R\$ 7.70	R\$ 166.32	R\$ 14.00	R\$ 302.40
Eletrodos	2	Kg	R\$ 7.70	R\$ 15.40	R\$ 12.00	R\$ 24.00
Viga U enrijecida 4" chapa 13	37	Kg	R\$ 7.65	R\$ 283.05	R\$ 12.00	R\$ 444.00
Eletrodo 2,5 mm	2	Kg	R\$ 17.00	R\$ 34.00	R\$ 25.00	R\$ 50.00
Discos de Corte	10	UNI.	R\$ 7.80	R\$ 78.00	R\$ 3.00	R\$ 30.00
Viga U 30x200x2700 chapa 13	1	peça	R\$ 220.00	R\$ 220.00	R\$ 374.00	R\$ 374.00
Plug macho e fêmea	4	UNI.	R\$ 4.00	R\$ 16.00	R\$ 2.50	R\$ 10.00
TOTAL			R\$ 6,726.99		R\$ 11,987.52	

Tabela 5.1b – Vedação – Cobertura

			OUT/20		SET/21	
Telha	6	peça	R\$ 400.00	R\$ 2,400.00	R\$ 450.00	R\$ 2,700.00
TOTAL			R\$ 2,400.00		R\$ 2,700.00	

Tabela 5.1c – Vedação – Esquadria

			OUT/20		SET/21	
Esquadria - porta	1	peça	R\$ 5,000.00	R\$ 5,000.00	R\$ 5,500.00	R\$ 5,500.00
Esquadria - vidro parede	1	peça	R\$ 500.00	R\$ 500.00	R\$ 550.00	R\$ 550.00
Esquadria - janela cozinha	1	peça	R\$ 800.00	R\$ 800.00	R\$ 900.00	R\$ 900.00
TOTAL			R\$ 6,300.00		R\$ 6,950.00	

Tabela 5.1d – Vedação – Forro

			OUT/20		SET/21	
Canaleta zincada 3.000mm	10	peça	R\$ 9.80	R\$ 98.00	R\$ 22.10	R\$ 221.00
Pendural f530	25	peça	R\$ 1.40	R\$ 35.00	R\$ 1.85	R\$ 46.25
Uniao / emenda f530	7	peça	R\$ 1.10	R\$ 7.70	R\$ 1.75	R\$ 12.25
Tabica 3.000mm	6	peça	R\$ 13.90	R\$ 83.40	R\$ 26.90	R\$ 161.40
Arame galvanizado 10	1	Kg	R\$ 13.00	R\$ 13.00	R\$ 21.90	R\$ 21.90
Tabica	1	UNI.	R\$ 25.00	R\$ 25.00	R\$ 33.00	R\$ 33.00
Guia gesso	1	peça	R\$ 13.00	R\$ 13.00	R\$ 29.10	R\$ 29.10
Montante gesso	12	peça	R\$ 15.00	R\$ 180.00	R\$ 33.90	R\$ 406.80
Arame galvanizado 20	1	UNI.	R\$ 17.50	R\$ 17.50	R\$ 26.50	R\$ 26.50
TOTAL			R\$ 472.60		R\$ 958.20	

Tabela 5.1e – Vedação – Paredes

			OUT/20		SET/21	
Guia zincada 3.000mm 0,50 r70	12	peça	R\$ 13.00	R\$ 156.00	R\$ 29.10	R\$ 349.20
Montante zincado 3.000mm	32	peça	R\$ 15.00	R\$ 480.00	R\$ 33.90	R\$ 1,084.80
La de rocha 4,32 m ²	11	pacote	R\$ 72.00	R\$ 792.00	R\$ 90.00	R\$ 990.00
Placa gesso 1,20x1,80 st	30	peça	R\$ 27.90	R\$ 837.00	R\$ 28.90	R\$ 867.00
Placa cimenticia 1,20x2,39 8mm	18	peça	R\$ 105.00	R\$ 1,890.00	R\$ 108.00	R\$ 1,944.00
Paraf phil trom agulha 25x3,5mm	1	caixa	R\$ 37.00	R\$ 37.00	R\$ 65.00	R\$ 65.00
Paraf phil trom broca 32x4,2mm	8	cento	R\$ 20.00	R\$ 160.00	R\$ 22.00	R\$ 176.00
Fita telada azul 90m	1	rolo	R\$ 22.00	R\$ 22.00	R\$ 27.00	R\$ 27.00
Massa gesso construcril 30kg	2	Balde	R\$ 70.00	R\$ 140.00	R\$ 70.00	R\$ 140.00
Paraf phil flan agulha 45x4,5mm	2	cento	R\$ 8.00	R\$ 16.00	R\$ 14.30	R\$ 28.60
Bucha de nylon s-8	2	cento	R\$ 8.00	R\$ 16.00	R\$ 8.00	R\$ 16.00
Paraf phil flan broca 13x4,2mm	1	cento	R\$ 6.00	R\$ 6.00	R\$ 7.00	R\$ 7.00
Tela vertex 10cmx50m (cimenticia)	1	rolo	R\$ 98.00	R\$ 98.00	R\$ 100.00	R\$ 100.00
Massa unica cimenticica 5kg	1	balde	R\$ 110.00	R\$ 110.00	R\$ 120.00	R\$ 120.00
Gesso Cola 5 kg	1	pacote	R\$ 20.00	R\$ 20.00	R\$ 23.00	R\$ 23.00
Parafusos para perfil <i>Drywall</i>	150	unidade	R\$ 0.13	R\$ 20.00	R\$ 0.12	R\$ 18.00
Fita multiuso vedação	10	metro	R\$ 13.50	R\$ 135.00	R\$ 15.00	R\$ 150.00
Parafuso trombeta ponta agulha	200	unidade	R\$ 0.10	R\$ 20.00	R\$ 0.12	R\$ 24.00
Parafuso brocante chato 5,5x38	250	unidade	R\$ 0.16	R\$ 39.19	R\$ 0.21	R\$ 52.25
Massa corrida	1	balde	R\$ 30.00	R\$ 30.00	R\$ 35.00	R\$ 35.00
Placa cimenticia 1,20x2,39 8mm	2	peça	R\$ 105.00	R\$ 210.00	R\$ 108.00	R\$ 216.00
TOTAL			R\$ 5,234.19		R\$ 6,432.85	

Tabela 5.1f – Vedação – Piso

			OUT/20		SET/21	
Parafuso Autobrocante 5,5	150	unidade	R\$ 0.29	R\$ 44.00	R\$ 0.51	R\$ 77.00
MasterBoard (chapa)	6	unidade	R\$ 304.58	R\$ 1,827.48	R\$ 341.00	R\$ 2,046.00
TOTAL			R\$ 1,871.48		R\$ 2,123.00	

Tabela 5.1g – Iluminação

			OUT/20		SET/21	
Spot click quadrado PAR 20	5	UNI.	R\$ 33.00	R\$ 165.00	R\$ 47.90	R\$ 239.50
Lâmpada LED PAR 20 7W 3K	5	UNI.	R\$ 19.80	R\$ 99.00	R\$ 19.80	R\$ 99.00
Spot click quadrado dicróica	2	UNI.	R\$ 29.00	R\$ 58.00	R\$ 28.00	R\$ 56.00
Lâmpada LED dicróica 4,8W 3K	2	UNI.	R\$ 12.50	R\$ 25.00	R\$ 14.00	R\$ 28.00
Painel LED embutido quadrado	2	UNI.	R\$ 49.00	R\$ 98.00	R\$ 56.00	R\$ 112.00
Caixa PVC Tramontina Drywall 4x2	12	UNI.	R\$ 1.80	R\$ 21.60	R\$ 4.00	R\$ 48.00
Caixa PVC Tramontina Drywall 4x4	1	UNI.	R\$ 4.60	R\$ 4.60	R\$ 5.90	R\$ 5.90
Centro brum pvc emb.	1	UNI.	R\$ 13.00	R\$ 13.00	R\$ 28.00	R\$ 28.00
Disjuntor DIN ABB 2P 16A	1	UNI.	R\$ 38.20	R\$ 38.20	R\$ 29.70	R\$ 29.70
Disjuntor DIN ABB 2P 20A	1	UNI.	R\$ 39.00	R\$ 39.00	R\$ 29.70	R\$ 29.70
MG placa 4x2 2P SEP. Horiz.	4	UNI.	R\$ 2.50	R\$ 10.00	R\$ 2.80	R\$ 11.20
Cabo flex. 750V 2,5 mm	100	metro	R\$ 1.86	R\$ 186.00	R\$ 2.10	R\$ 210.00
MG suporte 4x2 2P SEP. Horiz.	4	UNI.	R\$ 2.40	R\$ 9.60	R\$ 2.80	R\$ 11.20
Mg mod. Tom. 10a	8	UNI.	R\$ 4.60	R\$ 36.80	R\$ 5.00	R\$ 40.00
Mg conj. Tom. 10a	8	UNI.	R\$ 8.90	R\$ 71.20	R\$ 8.90	R\$ 71.20
MG placa 4x4 4P SEP. Horiz.	1	UNI.	R\$ 4.50	R\$ 4.50	R\$ 5.00	R\$ 5.00
MG suporte 4x4	1	UNI.	R\$ 3.60	R\$ 3.60	R\$ 4.20	R\$ 4.20
Mg mod. Int. S	4	UNI.	R\$ 6.00	R\$ 24.00	R\$ 6.20	R\$ 24.80
Mangueira corrugada 3/4	50	metro	R\$ 2.16	R\$ 108.00	R\$ 2.70	R\$ 135.00
TOTAL			R\$ 1,015.10		R\$ 1,188.40	

5.3 RESULTADOS

O conjunto de materiais orçados em outubro de 2020 custa R\$ 2s3.994,76, enquanto, em setembro de 2021, totaliza R\$ 32.645,80. O aumento foi de 36%. Desse quadro geral, vale destacar o aumento por seguimento – Tabela 5.3 e Figura 5.5.

Tabela 5.2 – Comparação por subsistema

	OUT/20	SET/21
Estrutural	R\$ 6,726.99	R\$ 11,987.52
Vedação	R\$ 16,278.27	R\$ 19,164.05
Iluminação	R\$ 1,015.10	R\$ 1,188.40

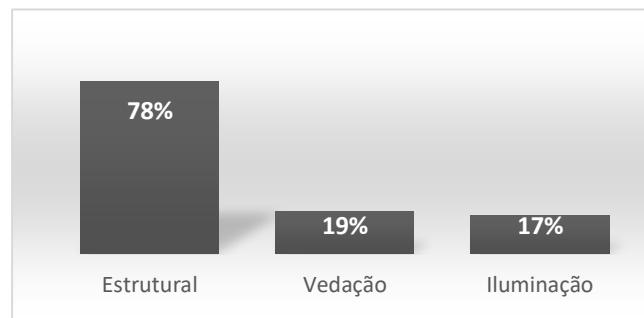


Figura 5.5: Comparação por subsistema.

O subsistema de maior interferência na escalada do preço do módulo é o estrutural. A utilização de estruturas metálicas nesse tipo de construção faz com que o eventual aumento do aço, como visto entre 2020 e 2021, eleve o orçamento significativamente. Ainda que nas estruturas convencionais com concreto armado haja aço como armadura, a quantidade desse material é inferior, assim, para projetos baseados em perfis metálicos, o impacto é ainda maior.

Outro subsistema que utiliza como base um material diferente do comum é o de vedação, pela aplicação de placas de gesso e placas cimentícias em lugar dos tradicionais blocos. O aumento de preço foi de 23% para paredes e 13% para pisos – Figura 5.6.

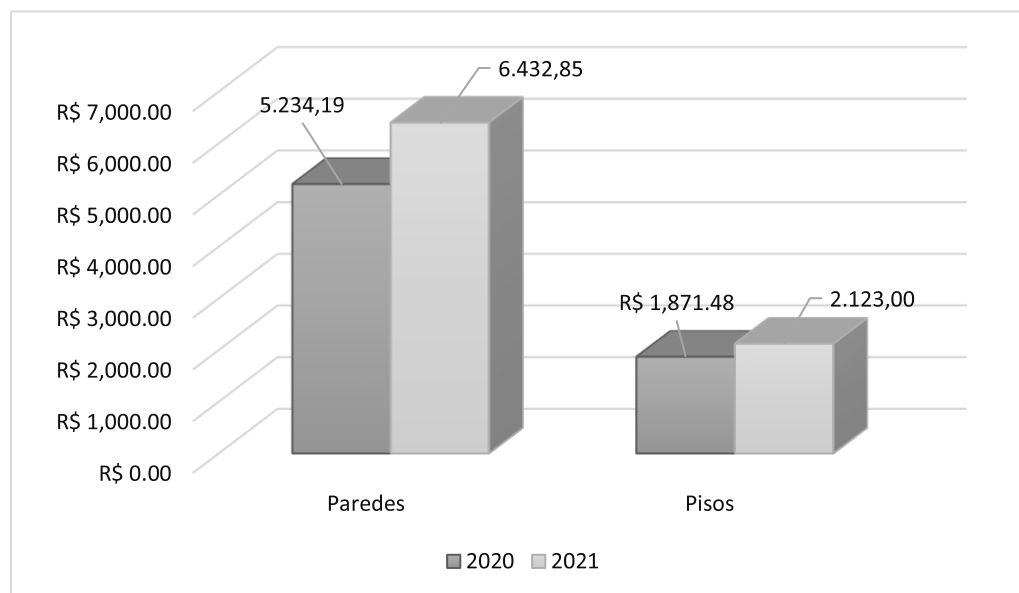


Figura 5.6: Aumento do valor de componentes - parede e piso

Como exposto no capítulo anterior, o INCC acumulado em 12 meses, calculado em agosto de 2021 registrou valor de 17%. A este valor estão associadas as oscilações de preço dos principais produtos utilizados na indústria da construção brasileira. Por outro lado, como resultado do estudo de caso em questão, o aumento em um período de aproximadamente 12

meses contados de outubro de 2020 para criação do protótipo é de 32%. Observa-se que o impacto da subida de custo da matéria prima praticamente duplicou com a utilização da construção modular. Assim, o desafio associado à aquisição destes materiais tem sido alarmado pela conjuntura econômica e pelo comportamento dos preços em período de crise.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho compôs um parecer acerca da adaptabilidade do sistema construtivo modular *off-site* na indústria brasileira, principalmente frente a atual conjuntura econômica que tem elevado os preços dos insumos. Para tanto, foi exposta uma sucinta revisão bibliográfica para elucidar a importância do método, bem como identificar o crescimento de seu emprego nos últimos anos. Em seguida, foram levantados os pontos de benefício e de empecilhos ao seu uso. Dentre as barreiras que tem impedido a expansão desses sistemas, é razoável enfatizar os recentes episódios negativos no campo econômico. Para isso, foram coletados dados econômicos da indústria da construção e, por fim, foi apresentado um estudo de caso com a comparação do orçamento praticado em outubro de 2020 e setembro de 2021 para construção de um protótipo em módulos.

As expectativas para a construção civil do futuro compreendem um aumento da modularização e industrialização, compatível com o ritmo proporcionado pela evolução da tecnologia, que se expande em diversos mercados. Em contrapartida, a significativa alteração da cesta de produtos utilizados na construção modular *off-site* em comparação ao método construtivo convencional pode se refletir negativamente no preço para o consumidor final. Isso tem ocorrido porque o setor depende de altos valores de investimento, logo, como observado no retrato histórico brasileiro, as instabilidades econômicas influem diretamente em seu desempenho.

Apesar da dificuldade sinalizada, muitos são os benefícios compreendidos na adoção da modularização construtiva, como a redução dos esforços e dos riscos de trabalho, do desperdício de materiais, da quantidade de mão de obra, do tempo de execução e dos impasses relacionados à integração de subsistemas. Já os desafios associados ao sistema incluem o fator custo de transporte de peças da fábrica ao local de implantação, a falta de confiança dos consumidores e das construtoras e a necessidade de honrar as parcelas do investimento em curto período de tempo, posto que as unidades são fabricadas com rapidez.

Diante dos prós e contras expostos, impera uma indecisão sobre o grau de satisfação que este modelo pode proporcionar ao setor brasileiro. Nesse sentido, o estudo foi guiado para uma análise financeira que contempla, a priori, um paralelo entre a situação econômica do país e a aquisição de insumos demandados para a fabricação modular. Mediante a coleta de dados do ramo, o custo destes estão em alta e, há ainda, leve nível de desabastecimento.

A fim de conhecer o impacto desse cenário na construção modular *off-site*, o estudo de caso de um protótipo regular foi orçado com os valores atuais, do terceiro trimestre de 2021 e

comparados com um momento anterior, terceiro trimestre de 2020. Os resultados mostram que a sensibilidade da cadeia de abastecimento de materiais construtivos afeta em maior grau a produção dos módulos construtivos em comparação com os produtos imobiliários tradicionais, baseados em blocos e concreto armado. Conclui-se ainda que o INCC, utilizado como parâmetro de custo de materiais, não contempla com eficácia o real aumento dos gastos associados a produção de unidades modulares.

Por fim, é possível afirmar que, apesar de apresentar vantagens capazes de compensar as limitações presentes na construção tradicional, no cenário brasileiro a implementação da Construção Modular *Off-site* encontra resistências significativas na cadeia de suprimento de materiais. Este fator se mostra especialmente limitante para evolução da indústria construtiva por meio da industrialização e fabricação de módulos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDI, 2015, *Manual da construção industrializada - Conceitos e Etapas*, v.1, Brasília. Disponível em: < www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf > Acesso em: 06 set. 2021.
- ALMEIDA. L.R., *Estudos de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras*, Eng.Civ, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- APTE, E.; ARADHYE, T.; *Study of advanced tunnel formwork system in high rise building*; International Journal of Research in Engineering and Technology, v. 5, 2016.
- ARCHDIAL. *Edifícios modulares mais altos do mundo são concluídos em Singapura*, 2019. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/920618/edificios-modulares-mais-altos-do-mundo-sao-concluidos-em-singapura> > Acesso em: 06 set. 2021.
- BERTRAM, N., *et al, Modular Construction: From projects to products, Capital Projects & Infrastructure*, Reino Unido, 2019.
- CARVALHO, B.A.J., *A história da arquitetura*, Rio de Janeiro, Tecnopoint Gráfica, 1964.
- CBIC, 2016, *Catálogo de Inovação na construção civil*. Disponível em: < https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo_de_Inovacao_na_Construcao_Civil_2016.pdf > Acesso em: 06 set. 2021
- CBIC, 2020, *Desempenho da Construção Civil em 2020 e perspectivas para 2021*. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2020/12/balanco-construcao-2020-2021.pdf> > Acesso em: 28 set. 2020
- CBIC, 2021a, *Caminhos para viabilizar a continuidade dos contratos impactados pela economia*, Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/08/cartilha-caminhos-para-viabilizar-a-continuidade-dos-contratos-impactados-pela-pandemia.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021
- CBIC, 2021b, *Informativo econômico – março 2021*. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/03/informativo-economico-08-de-marcio-2021-incc-1.pdf> > Acesso em: 28 set 2021
- CBIC 2021c, *Desempenho econômico da indústria da construção civil e perspectivas*. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/04/desempenho-const-civil-1-otri-2021.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021
- CBIC 2021d, *Informativo econômico – agosto 2021*. Disponível em: < <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2021/08/informativo-economico-incc-e-sinapi-agosto-2021.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021
- CNI, 2019, *Sondagem Indústria na Construção: Aumento do investimento mantém tendência favorável para a construção*. Disponível em: < <https://www.fiea.com.br/public/documentos/12-sondagem-industria-da-construcao-dezembro.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

CNI, *Economia Brasileira 2020-2021*, Brasília, 2020.

CNI, 2021a, *Consulta Empresarial – Indicadores econômicos*. Disponível em: < https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/6a/92/6a92663a-cfbc-4762-bd57-8eb90f619e30/consultaempresarial_agosto2021.pdf > Acesso em: 28 set. 2021

CNI, 2021b, *Mercado de insumos e matérias-primas*, Brasília. Disponível em: < <https://www.fiea.com.br/public/documentos/80-sondespecial-mercadodeinsumosemateriasprimas-marco2021.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

CNS, 2020, *A pandemia do Covid-19 e seus impactos na economia mundial e brasileira*. Disponível em: < <http://www.cnservicos.org.br/wp-content/uploads/2020/03/Impactos-economicos-do-Covid-19-v11.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

COOPERCON, 2021, *Evolução dos preços de insumos a partir de 2014 e outras análises comparativas*. Disponível em: < <http://www.cooperconbrasil.com.br/novo/wp-content/themes/coopercon-brasil/download/Coopercon-Brasil-Relatorio-Small.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

DEAKIN, M., *et al.*, *Increasing offsite housing construction in Scotland*, Escócia, 2020

DOERMANN, J., *et al.*, *High rise modular construction*, 2020

ESHGHI, S.; TAVAFOGHI, A., *Seismic Behaviour of Tunnel Form Building Structures: An Experimental Study*, 15 WCEE, Lisboa, 2012.

FACTORY OS, *Off site construction*, 2021. Disponível em: < <https://factoryos.com/off-site-construction/> >, Acesso em; 03 set. 2021

FARMER, M., *The Farmer Review of the UK Construction Labour Model*, CLC, 80 p., 2016

FGV IBRE, 2016, *Índice Geral de Preços – Mercado*. Disponível em: < <https://portalibre.fgv.br/sites/default/files/2020-03/metodologia-igp-m-jul-2019.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

FIRJAN, 2020, *Construção civil: Desafios 2020*. Disponível em: < <https://sindusconpetropolis.com.br/wp-content/uploads/publicacoes/fd963c94a8b371ace1c81fefeb1528a7.pdf> > Acesso em: 28 set. 2021

GREVEN, H.A., BALDAUF A.S.F., *Introdução à coordenação modular da construção no Brasil - Uma abordagem atualizada*, Porto Alegre, ANTAC, 2007

IBGE, 2021a, *Indicadores IBGE*. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3086/pnacm_2021_fev.pdf > Acesso em: 28 set. 2021

IBGE, 2021b, *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - julho 2021*. Disponível em: < https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2376/ipca_15_2021_jul.pdf > Acesso em: 28 set. 2021

- LARANJEIRAS, A. C. R. Colapso progressivo dos edifícios - Breve introdução. TQS News. 33 ed, 2011.
- MARKS, A., *et al.*, *Future of work in construction*, Londres, 2020.
- MELLO, R.B., *O estudo da mudança estratégica organizacional em pequenas empresas de construção de edificações: um caso em Florianópolis*, M.Sc, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.
- MELLO, L.C.B.B.; AMORIM, S.R.L. *O subsector de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Européia e aos Estados Unidos*, Revista Produção, v.19, n.2, São Paulo, 2009.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES,
- OLEARCZYK, J., *et al.*, *Evolution of the crane selection and on-site utilization process for modular construction multilifts*, 2014
- PABLO, J., *A History of Concrete Molds, From Thomas Edison's Failed Cement Company to "Habitat 67"*, Revista ArchDaily, 2018.
- PEARSON, C.; DELATTE, N., *Ronan P Ronan Point Apartment Tower Collapse and its Effect on Building Codes*, J.Perform.Constr.Facil., v. 19(2), 2005.
- PORTAL DE FINANÇAS, *Índice nacional de custo da construção – Mercado*, 2021. Disponível em: <https://www.portaldefinancas.com/incc_m_fgv.htm> , Acesso em: 03 set. 2021
- PORTO, G; KADLEC, T. *Mapeamento de estudos prospectivos de tecnologias na revolução 4.0: Um olhar para a indústria da construção civil*, Eng.Civ, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- RIBEIRO, M.S., *A industrialização como requisito para a racionalização da construção*, M.Sc, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- RIBEIRO, M.S.; JR, C.M., *A contribuição dos processos industriais de produção para adoção de novas tecnologias construtivas no Brasil*, Revista Vértices, ano 5, n.3, Rio de Janeiro, 2003.
- ROGAN, A. L. *et al*, *Value and benefits assessment of modular construction*, The Steel Construction Institute, Reino Unido, 2000.
- SMITH, R.; RUPNIK, I., *5 in 5 Modular Growth Initiative: Research roadmap recommendations*, Modular Building Institute, EUA, 2018.
- SINDUSCON-RIO, *Inflação da Construção civil é a maior em 28 anos*, 2021. Disponível em: <<https://www.sinduscon-rio.com.br/wp/noticias/inflacao-da-construcao-civil-e-a-maior-em-28-anos/>> , Acesso em: 03 set. 2021.
- SINDUSCON-MG, 2012, *A construção civil nos 18 anos do plano real*, S616c, 72 p., Belo Horizonte. Disponível em: <<https://www.sinduscon-mg.org.br/wp->

content/uploads/2016/11/a-construo-civil-nos-18-anos-do-plano-real.pdf > Acesso em: 28 set. 2021

SPADETO, T. F., *Industrialização na construção civil - uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto*, Esp., Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

THE B1M, *Offsite Manufacturing Explained: Special Report*, 2019, (47min03seg). Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=v01LqrgJjJ0> > Acesso em: 06 set. 2021

TZOURMAKLIOTOU, D., *Modular Disruption in Construction Industry - The Environmental Benefits*. Journal of Civil Engineering and Architecture. 15. 10.17265/1934-7359/2021.06.004, 2021

VELAMATI, S. *Feasibility, Benefits And Challenges Of Modular Construction In High Rise Development In The United States: A Developer's Perspective*, M.Sc, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2012.

VOGLER, A. *The house as a product*. In: Mick, E. (ed.) *Research in Architectural Engineering Series*. IOS Press, 2015

WILSON, J. *Design for modular construction: an introduction for architects*, Washington DC, EUA, 2020.