

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC JOSÉ MARTIMIANO DA SILVA
Técnico em Edificações**

**Caroline Gabriela Mazzini
Ygor Luis Gomes de Oliveira**

**CONSTRUÇÃO MODULAR:
Estudo de projeto unifamiliar para mitigar o déficit habitacional**

**Ribeirão Preto - SP
2021**

Caroline Gabriela Mazzini
Ygor Luis Gomes de Oliveira

CONSTRUÇÃO MODULAR:
Estudo de projeto unifamiliar para mitigar o déficit habitacional

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Edificações da ETEC José Martimiano da Silva, orientado pelos Professores Cesar Ricardo Danezi e Fernando José Castelani, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Edificações.

Ribeirão Preto – SP

2021

Ao final de uma importante etapa conquistada, dedicamos esse trabalho de conclusão de curso aos nossos familiares, pela oportunidade, apoio e incentivo em nome de nossa formação profissional e pessoal. A todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, nos fornecendo coragem, esperança, força e paciência naqueles dias tão atarefados que precederam a entrega deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial por nos estimularem a não desistir e a nos adaptarmos às aulas remotas, onde se esforçaram e se aperfeiçoaram diante das tecnologias para nos oferecerem educação de qualidade. Em especial aos nossos professores e orientadores Cesar Ricardo Danezi e Fernando José Castelani, que nos forneceram todo o auxílio necessário para elaboração desse projeto. Agradecemos a nossa instituição por ter nos dado a oportunidade e todas as ferramentas para chegarmos ao final desse ciclo de maneira satisfatória.

Agradecemos também a nossos familiares, pela compreensão e paciência pelas ausências, e pelo incentivo para conseguirmos nosso objetivo final.

“A ‘sociedade de consumidores’ é um tipo de sociedade (recordando um termo, que já foi popular, cunhado por Althusser) que ‘interpela’ seus membros (ou seja, dirige-se a eles, saúda-os, apela a eles, questiona-os, mas também os interrompe e ‘irrompe sobre’ eles) basicamente na condição de consumidores. [...] Ela avalia – recompensa e penaliza – seus membros segundo a prontidão e adequação da resposta deles à interpelação. Como resultado, os lugares obtidos ou alocados no eixo da excelência/inépcia do desempenho consumista se transformam no principal fator de estratificação e no maior critério de inclusão e exclusão, assim como orientam a distribuição do apreço e do estigma sociais, e também de fatias da atenção do público.”

ZYGMUNT BAUMAN

RESUMO

É comum que os clientes da construção civil convencional tenham suas obras atrasadas por motivos diversos, dentre eles intempéries, falta de mão de obra, atrasos de fornecimento de matéria prima, além do uso de grande quantidade de recursos naturais (água, brita, cimento, madeira) e geração de muitos resíduos. O descarte desses materiais, sobretudo de forma inadequada, vem gerando grande preocupação social pelo impacto ambiental e visual e questões sanitárias que ocasiona, sendo um problema enfrentado diariamente em nosso país. Concomitante a essa adversidade, lidamos com um grande déficit e inadequação habitacional e novos arranjos familiares, onde se torna cada vez mais comum a busca por lugares menores, mais práticos e integrados e com melhor custo-benefício.

Este trabalho tem como objetivo buscar informações acerca do déficit habitacional e como a construção modular pré-fabricada se mostra em nosso país e apresentar um projeto modelo de edificação compacta e popular, seus aspectos negativos e positivos e se é viável para o público-alvo. Exploramos a metodologia e materiais ideais a fim de buscar comprometimento com próximas gerações e meio ambiente e qualidade de vida a mais pessoas.

Palavras-chave: Resíduos. Déficit habitacional. Construção modular. Pré-fabricada. Praticidade. Moradia.

ABSTRACT

It is common for conventional civil construction customers to have their works delayed for various reasons, including bad weather, lack of labor, delays in the supply of raw materials, in addition to the use of large amounts of natural resources (water, gravel, cement, wood) and generation of a lot of waste. The disposal of these materials, especially inappropriately, has generated great social concern due to the environmental and visual impact and health issues it causes, being a problem faced daily in our country. Concomitant to this adversity, we are dealing with a large deficit and inadequate housing and new family arrangements, where the search for smaller, more practical and integrated places with better cost-benefit becomes increasingly common.

This work aims to seek information about the housing deficit and how the prefabricated modular construction is shown in our country and present a model project of compact and popular building, its negative and positive aspects and whether it is viable for the target audience. We explore the ideal methodology and materials in order to seek commitment to the next generations and the environment and quality of life for more people.

Keywords: Waste. Housing deficit. Modular construction. Prefab. Practicality. Home.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Evolução do Déficit Habitacional Brasileiro	16
Figura 02 - Resíduos da construção civil em via pública.....	19
Figura 03 - Ilustração da Igreja de Santa Maria - Chicago 1833	22
Figura 04 - Quiosque K67	23
Figura 05 - Containers de 20 e 40 pés	24
Figura 06 - Primeira casa container no Brasil.....	25
Figura 07 - Montagem da construção modular.....	25
Figura 08 - Construção modular 3D ou volumétrica	26
Figura 09 - Construção modular 2D ou painelizada	27
Figura 10 - Construção modular 2D ou painelizada	27
Figura 11 - Layout em Autocad	42
Figura 12 - Possível ciclo de vida de uma habitação modular reutilizável.....	43
Figura 13 - Fundação tipo Radier.....	44
Figura 14 - Fundação tipo Sapata Corrida	45
Figura 15 - Fundação tipo Sapata Isolada.....	45
Figura 16 - Perfil W ou Viga "I"	46
Figura 17 - Perfil "U"	47
Figura 18 - Opções de acabamentos para construção modular.....	47
Figura 19 - Tipos de impermeabilização.....	49
Figura 20 - Opções de materiais para isolamento térmico acústico	50
Figura 21 - Maquete eletrônica - Perspectiva - Sketchup.....	53
Figura 22 - Maquete eletrônica – Vistas aéreas - Sketchup	53
Figura 23 - Maquete eletrônica – Sketchup.....	54
Figura 24 - Maquete eletrônica – Sketchup.....	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. DÉFICIT HABITACIONAL.....	13
3. CONSTRUÇÃO CIVIL	19
4. CONSTRUÇÃO MODULAR.....	22
4.1 O início das construções modulares.....	22
4.2 <i>Container</i>	23
4.3 Projetos modulares.....	25
4.3.1 Tipos de construção modular.....	26
4.4 Diferença entre arquitetura em <i>containers</i> e modular	28
4.5 Mercado mundial da construção modular	28
5. CONSTRUÇÃO MODULAR NO BRASIL	29
5.1 Normatização da construção modular no Brasil (ABNT NBR 15873) .	30
6. DEFINIÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0.....	32
6.1 Definição por meio das revoluções industriais	32
7. INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL.....	36
7.1 Para o problema de déficit habitacional.....	36
7.2 Construção <i>off-site</i>	36
8. A CONSTRUÇÃO MODULAR NA BALANÇA	39
8.1 Financiamento da construção modular.....	39

8.2	Logística e acesso	39
8.3	Vantagens do sistema modular	40
8.4	Desvantagens do sistema modular	40
9.	PROJETO.....	42
9.1	Fundações	43
9.2	Execuções.....	45
9.3	Estrutura	46
9.4	Acabamentos.....	47
9.5	Impermeabilização	48
9.6	Isolamento Térmico e Acústico	49
9.7	Interiores.....	51
9.7.1	Revestimentos	51
9.7.2	Louças Sanitárias, cubas e caixa d'água.....	51
9.7.3	Instalações elétricas e iluminação	52
9.7.4	Mobiliário.....	52
9.7.5	Esquadrias	52
9.7.6	Orçamento.....	52
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

Nota-se que a preocupação e discussão acerca dos possíveis danos irreversíveis ocasionados pelo homem e seu impacto ambiental ao planeta tem se tornado cada vez mais presente tanto no campo científico, quanto em conversas informais. Embora esteja se tornando um assunto mais debatido, pouco se tem de mudanças efetivas, sendo necessário reavaliar nossas posturas, extrações exorbitantes de recursos naturais e qual a destinação final da imensidão de resíduos que o capitalismo norteia.

Juntamente com o avanço da população, tecnologia e globalização, aumentou-se também a variedade de resíduos, ocasionando problemas como obstrução de vias públicas, alagamentos e enchentes, desvalorização de imóveis e regiões, agressões ambientais e questões sanitárias.

A destinação incorreta dos resíduos provenientes da construção civil e de toda a cadeia fornecedora de matérias primas para este meio, causa inquietação de parte do poder público, sociedade e ambientalistas, pois ocasiona problemas de saúde pública, deslizamentos, inundações e redução da vida útil de aterros sanitários. Na construção tradicional (alvenaria) há grande consumo de recursos naturais e não renováveis e um desperdício desenfreado, onde pouco ou nada vemos sobre tecnologia de reutilização, reciclagem e gerenciamento adequados dos resíduos.

O fato é que, ao transformar matérias-primas, de modo a torná-las úteis para a sociedade, o homem produz quantidades apreciáveis de resíduos os quais, no momento em que são produzidos, são inúteis e que, ao longo do tempo, acumulam-se e acabam por comprometer o meio ambiente. (ROSATO, 2013, p.19)

Segundo a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU, a atividade de desenvolvimento sustentável é o progresso capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. Assim, a ONU pautou 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) que permeiam as dimensões ambientais, sociais, econômicas e institucionais a serem atingidos até 2030. Sendo eles: Erradicação da Pobreza, Fome Zero, Saúde e Bem-estar, Educação de Qualidade, Igualdade de Gênero, Água Potável e Saneamento, Energia Limpa e Acessível, Trabalho Decente e Crescimento Econômico, Indústria, Inovação e Infraestrutura, Redução das Desigualdades, Cidades e Comunidades Sustentáveis, Consumo e Produção

Responsáveis, Ação Contra a Mudança Global do Clima, Vida na Água, Vida Terrestre, Paz, Justiça e Instituições Eficazes e Parcerias e Meios de Implementação

Enfrentando uma pandemia mundial (Covid-19), nos vimos obrigados a analisar nossa relação entre o planeta e o modo de vida que estamos tendo, o preço que será necessário pagar pelo consumo desenfreado e o quanto isso é realmente necessário, já que, comprovamos que podemos viver com muito menos e que o essencial, saúde e qualidade de vida, de certa forma, não está à venda.

Sendo imprescindível nos refugiar em nossas residências e praticar o isolamento social para evitarmos um vírus invisível, nos deparamos com algo que sempre esteve a olhos nus nas cidades do Brasil: o déficit habitacional, seja pela quantidade de pessoas em situação de rua ou pelas péssimas condições e perigos enfrentados pelos brasileiros em seus “refúgios” inadequados.

Enquanto na construção civil muito se é desperdiçado, Oliveira et al (2009), nos traz que conforme a Câmara Brasileira de Indústria da Construção (CBIC), o crescimento desordenado das cidades e a especulação imobiliária, culminaram num grande déficit habitacional de qualidade, gerando espaços urbanos precários, com degradação ambiental e carência de serviços urbanos essenciais. Já a FGV (2014) estima que em 2024 teremos uma demanda de produção de ao menos 11,2 milhões de habitações adequadas para 16,8 milhões de novas famílias, sendo que cerca de 60% têm renda até três salários-mínimos. É importante destacar que a maioria desse percentual de famílias com renda até 03 salários mínimos pertence a informalidade do mercado de trabalho, não possuindo, portanto, formas de obter crédito bancário.

Faz-se necessário difundir e avaliar o uso de sistemas construtivos industrializados que tenham como qualidade um maior planejamento aliado a estudos de viabilidade técnico-econômica mais precisos, onde possuam melhores condições de trabalho, melhor desempenho ambiental e voltadas inclusive para as habitações de interesse social (HIS), a fim de minimizar o déficit e inadequação habitacional presente nos municípios brasileiros.

Porém, parte-se da hipótese que muitos trabalhadores brasileiros não conseguem manter suas despesas mínimas (alimentação, moradia, saúde e higiene), situação piorada pela pandemia do Covid-19, e muito menos terem recursos para dar entrada e financiarem o próprio imóvel num país com taxas de juros exorbitantes. É necessária uma moradia com preço acessível e que esteja pronta e habitável de forma rápida, segura e com qualidade.

Pensando em buscar uma maneira de reduzir os rejeitos da construção civil, quebrar tabus sobre novas formas de construção e ao mesmo tempo propiciar qualidade de vida às pessoas desassistidas, o objetivo principal deste trabalho é apresentar, de maneira simples e acessível, o estudo da criação de um projeto de uma pequena edificação fabricada em sistema construtivo modular industrializado.

Os objetivos específicos que norteiam este trabalho são: delinear sobre o déficit habitacional, analisar as condições atuais de sistema de construções convencionais, buscar a receptividade do projeto e a elaboração de um projeto residencial através do método modular industrializado que agrade em questões de espaço, versatilidade, conforto térmico e acústico e considere a acessibilidade em valores.

Como o público-alvo é geralmente desassistido de recursos, inclusive acesso à tecnologia e estamos numa pandemia, não se tornou viável a pesquisa de campo, que seria utilizada para obter preferências, opiniões e exigências da população em alterar a construção convencional para o uso do método de módulos pré-fabricados, buscando assim, uma inovação habitacional que possa contribuir de forma positiva ecologicamente e humana.

Temos o caráter bibliográfico como viés condutor desse trabalho, pois, relaciona e revisa os principais artigos científicos, informes e anuários que abordam tais questões. Autores como Felipe Savassi, Lilian Pederneiras Jorge, Rosana Lia Ravache, Jonas Medeiros, Guilherme Antônio Correa Cunha, Joaquim Orlando Parada et al e Nadion Florindo Domingo, além de produções do CBIC, FGV, ABDI, MDIC, NB-25R, NBR 15873 e NBR 15.873/2010.

A preferência por esse tema persiste na motivação de soluções para mitigar o déficit habitacional, englobando questões de sustentabilidade, tecnologia, ergonomia e a indispensável reeducação ambiental. Em grande parte do país, com o aumento da população e conseqüentemente o volume de resíduos, vemos a intensificação de perca do controle das gestões municipais, estaduais e federal, dificultando a qualidade de vida das classes baixas e médias.

Pretendemos nos beneficiar do processo de revolução industrial e tecnológica que proporcionou a otimização de edificações no mundo, reduzindo em muito a poluição e alavancando a segurança do trabalho, agilidade de tempo, versatilidade e controle das instalações mecânicas, hidráulicas e elétricas, tornando assim, uma obra mais limpa, ágil e precisa.

Por fim, uma análise de todo o percurso será desenvolvida, a fim de verificar a viabilidade do projeto e em busca dos três pilares do desenvolvimento sustentável: relevância social, prudência ecológica e viabilidade econômica.

2. DÉFICIT HABITACIONAL

Segundo o Censo de 2010 do IBGE, 84% da população nacional reside em ambiente urbano, contudo é notável que a qualidade de vida e as condições de todo o espaço das cidades não cresceu de maneira proporcional e com qualidade a fim de receber esses habitantes. Esperançosos por melhores condições de vida, trabalho, acesso à educação e saúde, as pessoas deixaram o campo impulsionadas também por ações governamentais, mas a terra virou bem de consumo e beneficiou somente a burguesia.

Fernandes Junior e Domingos (2016) citam que inicialmente foram criadas duas leis que mudaram o panorama em questão de moradia: Lei da Terra (1850), possibilitando a privatização da terra tornando-a mercadoria e a Lei Áurea (1888), que culminou na migração dos escravos recém libertos do campo para as cidades.

Em tese, as cidades não deveriam apenas prover a moradia, mas condições básicas, como saneamento básico, água potável, energia elétrica, saúde, educação, transporte, entre outros. Buscando mitigar essa falta, ocorreram estratégias governamentais, como fundos de financiamento e até iniciativas privadas para prover habitação para a classe operária (mesmo que de maneira precária em forma de cortiços).

A iniciativa privada se beneficiava com o aluguel desses lugares, que geralmente concentravam muitas pessoas em pequenos espaços e sem saneamento adequado, o tornando insalubre. De tal modo, o surgimento de epidemias se tornou comum, atingindo a população como um todo e obrigando o Estado a tomar alguma medida. De forma duvidosa, a principal medida foi a demolição dos cortiços, principalmente aqueles que despertavam interesse do capital imobiliário.

Então, as famílias não eram realocadas em novas edificações e se vendo em situação de rua começaram uma migração dentro da própria cidade, se locomovendo para locais periféricos e/ou ambientalmente frágeis. Sem recursos financeiros e técnicos as moradias dessas famílias se tornaram:

[...] casa, casinhas, casebres, barracões, choças por toda parte por onde se possa fincar quatro estacas de pau e uni-las por paredes duvidosas. Todo material para essas construções serve: são latas de fósforos distendidas, telhas velhas, folhas de zinco, e, para as nervuras das paredes de taipa, o bambu, que não é barato (VILLAÇA, 2001, p. 232).

A fim de solucionar os problemas habitacionais e de infraestrutura urbana, Fernandes Junior e Domingos (2016) apontam que o Estado inicia uma série de estratégias e políticas públicas como a criação dos IAPs (Institutos de Aposentadoria e Pensões), em 1936, onde havia financiamento de habitações com a utilização de recursos extraídos do fundo de aposentadoria dos trabalhadores. Já em 1942 é criada a Lei do Inquilinato, onde se buscava garantir os direitos dos inquilinos, mas teve efeito contrário, resultando em mais despejos e menos investimentos e ofertas de habitações para aluguel.

Em 1964 foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH) que utilizava recursos do Fundo Nacional de Garantia de Tempo e Serviços (FGTS) para criar um sistema de financiamento habitacional, liberando créditos para famílias de baixa renda, além de prover melhorias nas edificações e a eliminação de favelas. Após 20 anos teve suas atribuições transferidas para a Caixa Econômica Federal, onde continuou recebendo críticas e, segundo Maricato (2012), passaria por 25 anos sem investimentos em habitação e saneamento (Fernandes Junior e Domingos, 2016).

Fernandes Junior e Domingos (2016) destacam que a retomada se daria em 2001 com a criação de Lei Federal nº 10.257 (Estatuto da Cidade) e em 2003 com a criação do Ministério das Cidades, entidade destinada exclusivamente à elaboração e diretrizes dos espaços urbanos.

O Ministério das Cidades foi criado com o caráter de órgão coordenador, gestor e formulador da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano, envolvendo, de forma integrada, as políticas ligadas à cidade, ocupando um vazio institucional e resgatando para si a coordenação política e técnica das questões urbanas. Coube-lhe, ainda, a incumbência de articular e qualificar os diferentes entes federativos na montagem de uma estratégia nacional para equacionar os problemas urbanos das cidades brasileiras, alavancando mudanças com o apoio dos instrumentos legais estabelecidos pelo Estatuto das Cidades (BONDUKI, 2008, p.96).

Visando o desenvolvimento econômico nacional é criado o PAC (Plano de Aceleração do Crescimento), que retoma obras de infraestrutura socioeconômica, como a produção de novas moradias e urbanização de favelas. Já em 2009, com a crise econômica internacional, o Governo cria o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), implementando uma linha de investimento e créditos imobiliários preferencialmente para classes mais baixas. Por divergências ideológicas o PAC acabou cedendo recurso para o PMCMV, que acabou se tornando o principal provedor

habitacional. Enquanto o primeiro propõe a inclusão na cidade já existente, o segundo retoma a política habitacional quantitativa, não levando em conta a cultura e diversidades dos moradores do local da edificação e aumentando a segregação desse povo já tão excluído (Fernandes Junior e Domingos, 2016).

Ainda que o aumento do êxodo rural se deu a muito tempo e com todos os investimentos aplicados pelo governo federal nas últimas décadas, podemos notar que as cidades e os gestores (municipal, governamental e federal) não conseguem ainda prover moradia de qualidade a uma grande parcela dos brasileiros, principalmente os mais pobres, e o déficit habitacional ainda tem níveis crescentes.

O déficit habitacional é a medida das insuficiências de moradia de uma determinada sociedade. Essas insuficiências não se referem exclusivamente à quantidade de moradias que faltam para abrigar as pessoas, mas também às condições das moradias existentes. Para seu cálculo são levados em conta quatro componentes: o número de domicílios precários (improvisados e rústicos), coabitação (número de famílias conviventes que tem interesse de constituir domicílio próprio), ônus excessivo com aluguel e o adensamento excessivo de domicílios alugados (condição caracterizada pelo número médio de moradores por dormitório acima de três). (SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO [s.d.]

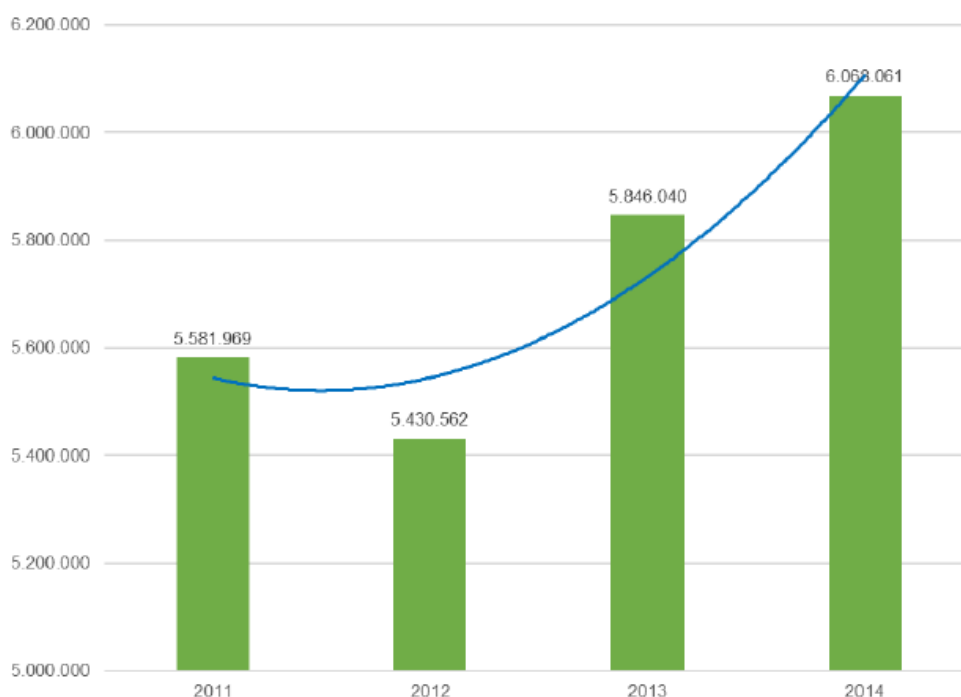
Em suma, déficit habitacional é o número de famílias que vivem em condições de moradias precárias. Esse termo leva em consideração se aquela moradia é construída com materiais não duráveis ou improvisados e número excessivo de pessoas por metro quadrado, porém as moradias que não possuem esgoto, água encanada e luz (chamadas de moradias não adequadas) não participavam do cálculo do déficit habitacional. Em 2019, a Fundação João Pinheiro acrescentou esses dados na consolidação da pesquisa e separou a inadequação fundiária dos outros componentes. Dessa maneira, podemos deduzir que mesmo tendo altos índices de déficit habitacional nas pesquisas anteriores a 2019, infinitas outras famílias também não possuíam qualidade de vida e segurança em suas moradias, tornando a busca por soluções ainda mais urgente e difícil comparação entre pesquisas com metodologias divergentes.

Segundo a URBE, quatro componentes são levados em conta no cálculo do déficit habitacional. São eles: habitações precárias e/ou improvisadas (como carros, barcos, barracas, casas sem paredes), coabitações familiares (onde duas ou mais famílias dividem o mesmo espaço e não possuem liberdade e privacidade), ônus

excessivo do custo de aluguel urbano para famílias com renda até três salários-mínimos (e gastam, no mínimo 30% de sua renda com a locação) e a quantidade excessiva de moradores por dormitório (mais de três moradores por aposentos). Por meio desses componentes calcula-se o déficit habitacional e serve como norteamento para criação de políticas públicas.

Devido às diversas metodologias utilizadas na contabilização dos números do déficit habitacional usado pelas principais fundações (Fundação João Pinheiro e IBGE), pode haver algumas divergências, entretanto podemos notar no gráfico abaixo (figura 01) que somente houve uma redução do valor no primeiro ano da mudança da metodologia e acessão nos anos seguintes (Fernandes Junior e Domingos, 2016).

Figura 01 - Evolução do Déficit Habitacional Brasileiro



Fonte: FERNANDES JUNIOR e DOMINGOS, 2016

Dados divulgados em 2015 pelo PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios), apontavam um crescimento anual do déficit habitacional no país, onde mais de 3,8 milhões de moradias eram precárias. No norte e nordeste os principais problemas eram a coabitação familiar e habitações precárias. Já no sul, sudeste e centro-oeste o maior problema é o ônus excessivo do aluguel.

Maricato (2012) traz críticas ao Programa Minha Casa Minha Vida, onde o principal ponto é a incapacidade de atender as famílias com renda inferior a três

salários-mínimos. Enquanto essa faixa representa 90% do déficit habitacional, somente 40% contempla esse nicho com moradias. Já para a camada entre 6 e 10 salários-mínimos é previsto 25% das moradias, mesmo que atinja somente 2,4% do déficit habitacional e seja contemplada com outros recursos, como o FGTS, tendo juros abaixo do mercado e privilegiada com condições especiais de registro, seguro e tributos. Possa e Freitas também destacam:

... a solução estatal não se demonstrou superior a regulação que o próprio mercado poderia prover, inclusive, (...), cujo último ano da série histórico apresenta o maior crescimento de déficit habitacional em 10 anos, ou seja, na vigência do programa, os imóveis inflacionaram e não houve diminuição da falta de moradias; pelo contrário, verifica-se um aumento expressivo.” (POSSA e FREITAS, 2020)

Em agosto de 2020, o governo federal criou o programa habitacional Minha Casa Verde e Amarela para substituir o Minha Casa Minha Vida. Segundo o G1, o programa passa a dividir o público-alvo em três grupos e, além de financiamento de imóveis, prevê reformas de moradias, produção financiada e regularização fundiária. A menor taxa do MCMV era de 5%, para os beneficiários com renda até R\$ 2,6 mil mensais, mas pela proposta, os juros passam a variar de 4,25% a 8,16%, dependendo da faixa de renda, da região do país e se o beneficiário é cotista do FGTS e deixa de existir a faixa mais baixa do programa MCMV, que não havia juros e contemplava as famílias com renda de até R\$ 1,8 mil. Apesar de não acabar com o atual programa, a MP define que as novas operações com benefício habitacional geridas pelo governo federal devam ser firmadas com base no novo modelo.

Quando olhamos os números de forma estratificada do déficit habitacional do Brasil, percebemos de forma nítida que a ineficiência da nossa política pública habitacional é explicada pela elevada concentração de renda, desta forma, dificilmente conseguiremos combater o déficit habitacional, através de uma política pública porque o cerne do problema não é somente a falta de habitações. (...) Na verdade, precisamos entender que a questão do déficit habitacional é uma consequência dos efeitos provocados pela desigualdade social. A elevada concentração de renda está potencializando a necessidade de moradia digna, além de outras consequências sociais. Portanto, o melhor retrato para traduzir a desigualdade social do Brasil é o tamanho do seu déficit habitacional (...) CUNHA, 2020

O Governo Federal também anunciou em 2021 a nova metodologia para o cálculo do déficit habitacional e inadequação de moradias no Brasil, tornando os

dados mais próximos da realidade e norteando melhor as políticas públicas. As mudanças são:

- Passaram a ser utilizados dados da PNAD Contínua em vez da PNAD Anual; - Informações sobre domicílios improvisados, agora, são obtidos por meio do Cadastro Único (CadÚnico); - A identificação das famílias em unidades domésticas conviventes passa a ser feita a partir de composições de membros de domicílio: unipessoal, nucleares, extensas e compostas. Para o cálculo das famílias conviventes classificadas como déficit habitacional, a nova metodologia da FJP considera os domicílios em que são identificados os núcleos secundários e que possuam mais de dois moradores por cômodo servindo permanentemente de dormitório; - A renda da unidade domiciliar passa a ser um dos itens analisados; - Os domicílios anteriormente classificados como “aglomerado rural com extensão urbana” passam a ser contabilizados apenas como rurais; - A frequência dos serviços de abastecimento de água e de energia elétrica, a capacidade de armazenamento de água e o tipo de piso foram incorporadas no dimensionamento da inadequação edilícia; - A substituição do item de adensamento de domicílios próprios por cômodos servindo como dormitórios, exceto banheiros. (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021)

Perante a falta de estudos estatísticos recentes, não conseguimos apresentar um número quantitativo concreto da questão de moradia na cidade de Ribeirão Preto – SP, mas nos esbarramos em um cenário que apresenta desemprego, perda do poder aquisitivo, alta inflação, aumento do valor dos insumos da construção civil e dificuldades de logística, insegurança alimentar e o visível aumento de pessoas em situação de rua, assim conclui-se que há mais pessoas e famílias desabrigadas do que os números apresentados.

3. CONSTRUÇÃO CIVIL

Há algumas décadas que a preocupação com o meio ambiente e seus recursos inestimáveis têm se ampliado, despertando a criação de ideias dentro do mercado. Assim, novas formas de construções buscam ser incluídas com o intuito de reverter e mitigar uma futura situação decadente para o mundo, visto que, a construção civil é uma das maiores responsáveis pela extração de recursos naturais e absorve uma geração acelerada de resíduos, que, segundo Felipe Savassi, chega a 70% de todo o lixo urbano. Além de ser a maior contribuinte na emissão de gases do efeito estufa, consumindo aproximadamente 30% da energia global (UNEP, 2011 apud Grossman, 2013).

O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) define os resíduos da construção civil (figura 02) como:

I - São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (CONAMA, 2002)

Figura 02 - Resíduos da construção civil em via pública



Fonte: AGÊNCIA BELÉM, 2019

No Brasil, dados apontados pelo Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2018/2019) e da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos

Especiais (ABRELPE, 1976), mostram que foi retomada a tendência de crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos no país, que deve ser mantida nos próximos anos e que conforme estimativas realizadas com base na série histórica, o Brasil alcançará uma geração anual de 100 milhões de toneladas por volta de 2030.

Apesar de passados nove anos da vigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o setor ainda apresenta alguns déficits consideráveis, principalmente no que tange a coleta seletiva. Ela está distante de ser difundida, os índices de reciclagem são bastante recentes e pouco evoluem, e os lixões estão presentes em todas as regiões, com impactos diretos sobre o meio ambiente e as pessoas.

O processo de construção é historicamente caracterizado por uma produção artesanal, no Brasil, o destaque vai para o método em alvenaria convencional, o tipo mais utilizado no país, tanto pelo custo-benefício e tradição, como maior acesso a mão de obra, além de ser uma maneira construtiva mais flexível, possibilitando “improvisos”.

A alvenaria convencional consiste na execução dos elementos estruturais como pilares e vigas em concreto armado e fechamento dos vãos com blocos cerâmicos ou de concreto de vedação. Outro método bastante utilizado, principalmente na execução de empreendimentos verticais, é a alvenaria estrutural, sistema construtivo no qual são empregados blocos estruturais cerâmicos ou de concreto, que terão por função atuar na sustentação e vedação da edificação como um todo. (JORGE e RAVACHI, 2021)

Quando comparada às construções norte-americanas ou europeias, a brasileira mostra-se dependente de um aumento de produtividade, inovação, padronização, aumento de escala, sustentabilidade e inovação. Felipe Savassi (2021) expõe que a indústria construtiva é o único ramo da indústria não concretizada dentro de um ambiente industrial e a que menos inova e avança se comparada às demais indústrias. Esse antigo procedimento permite pouco controle sobre o processo construtivo e se mostra deficiente quanto a qualidade.

(...) o processo convencional de construção, ainda largamente utilizado no Brasil, é marcado por processos com altos custos, baixos níveis de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdício, incidência de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental. Se compararmos o método construtivo de hoje, ao que foi usado no império romano, perceberemos muitas semelhanças, como por exemplo, o uso do tijolo sobre tijolo. (JORGE e RAVACHI, 2021)

Trazer para a construção civil um sistema industrializado é um desafio antigo que está em franca expansão no setor de arquitetura, engenharia e construção (Carvalho, 2020), mas vem ganhando espaço atualmente, onde a qualidade dos serviços prestados e a velocidade de construção tornaram-se fatores determinantes na comercialização de empreendimentos.

Felipe Savassi (2021) aponta que U\$1.6Tri é o custo mundial pela baixa produtividade da construção civil, sendo que há somente 1% de aumento na produtividade anual. Salienta ainda que 50% do custo de uma obra pode ser de mão de obra, enquanto 30% dos materiais em uma obra tradicional viram lixo. Para ele, a alvenaria além de ser muito demorada, não possui padrão e possui grande retrabalhos.

Diante dos dados expostos, aponta-se que a indústria da construção civil necessita industrializar sua produção, otimizando processos e mitigando a alta imprevisibilidade de tempo e orçamento, a ineficiência e a falta de mão de obra qualificada, além de se tornar mais sustentável, diminuir o uso de recursos naturais e geração de resíduos.

4. CONSTRUÇÃO MODULAR

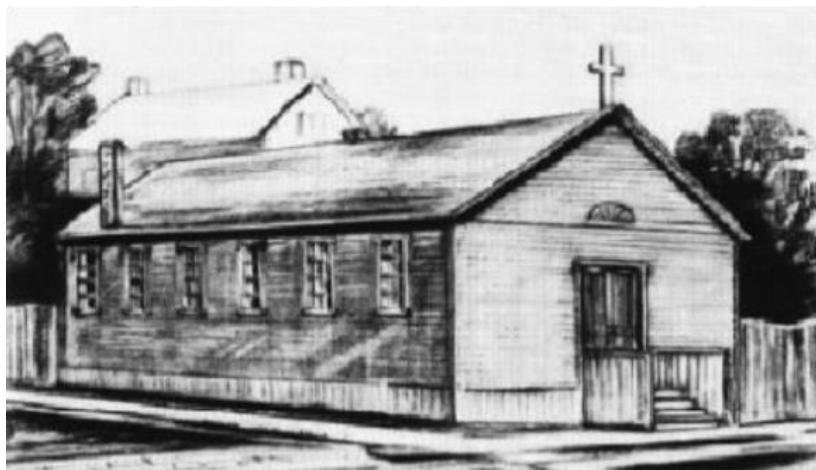
Na decisão de dissertar sobre o tema, torna-se necessário o conhecimento dos conceitos básicos que o embasam. A Construção Modular fica ligada às definições de pré-fabricação em linhas de montagem padronizadas e as ideias apresentadas devem ser vistas como de abrangência à evolução para a Indústria 4.0, seus efeitos e transformações na construção civil de forma global. Desse modo, os termos variam de acordo com seus países e continentes, onde a evolução da construção civil também gerou suas próprias expressões.

Para Felipe Savassi (2021), a construção modular pode ser definida como um sistema composto de componentes separados e que são fabricados num ambiente controlado, fora do canteiro de obra, que unidos e/ou sobrepostos formam uma edificação, podendo substituir ou adicionar módulos sem afetar o resto do sistema. Através dessa industrialização obtém-se mais controle, rapidez, eficiência térmica e acústica, produtividade, qualidade, versatilidade, design arrojado, cronograma físico e financeiro concisos.

4.1 O início das construções modulares

Acredita-se que uma das primeiras edificações construídas com característica modular foi a Igreja de Santa Maria em Chicago (figura 03). Feita por George W. Show em julho de 1833, a igreja foi desmontada e remontada três vezes com o sistema wood frame, onde o sistema estrutural é construído por painéis de madeira com a finalidade de receber, resistir e transmitir os esforços atuantes sobre a estrutura.

Figura 03 - Ilustração da Igreja de Santa Maria - Chicago 1833

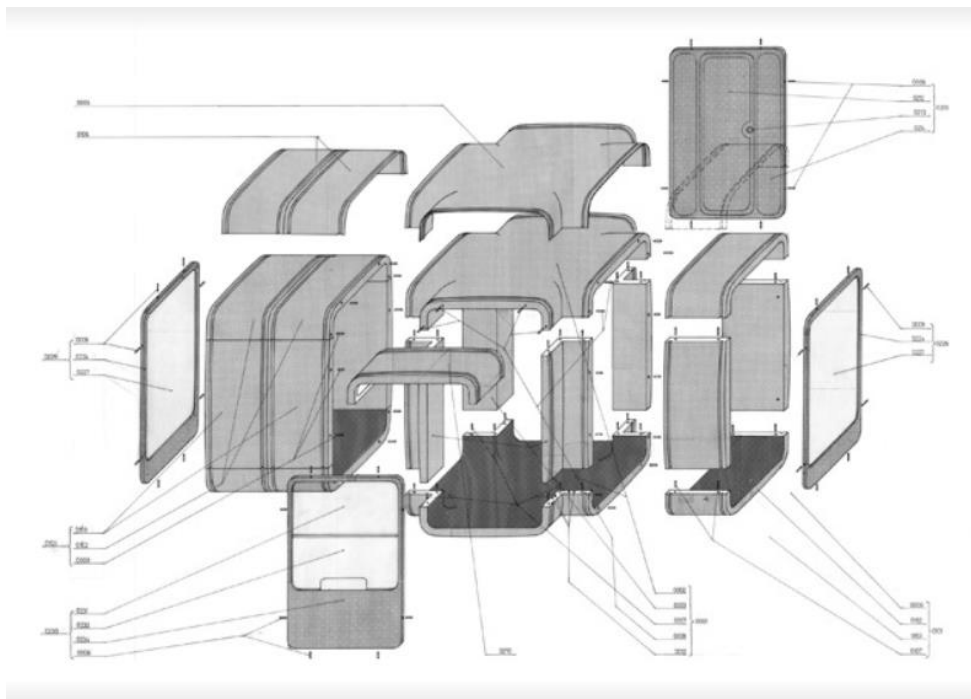


Fonte: FREITAS, 2018

Outra construção dos anos 60 em método modular que podemos citar é o Quiosque K67, do designer esloveno Saša J. Mächtig. Segundo ArchDaily (2017), o sistema permitiu configurações e variações ilimitadas, gerando cerca de 7.500 unidades. Foram adaptadas de acordo com os usos, que vão desde estações de patrulha até fast-food. “O esquema inicial de Mächtig consistiu em cinco elementos principais de suporte de carga, além de equipamentos de apoio: dois tipos de copas e elementos de design de interiores, como sistemas de prateleiras, luminárias e persianas” (ArchDaily, 2017).

Em sua segunda geração, após 1971, passou de uma unidade monolítica para a nova estrutura em forma de cruz, composta por cobertura e piso separados e quatro pilares de canto, o que permitia ser desmontada. (figura 04)

Figura 04 - Quiosque K67



Fonte: ArchDaily, 2017

4.2 Container

O *container* é a primeira forma exemplificada de pré-fabricação e industrialização no seu âmbito abrangente, sendo um produto “pronto” para a construção modular. São fabricados obedecendo uma padronização, de aço extremamente forte, com encaixe perfeito e podem ser realocados com facilidade, possuindo medidas perfeitas para a aplicação na construção, além de resistente o

bastante para suportar cargas que ultrapassam as 20 toneladas. Trazido para a indústria da construção rápida, ele funciona devidamente como alternativa que atende essa demanda de tempo, mas, sobretudo, de segurança e custo, se comparado a todos os prós e contras da construção de alvenaria.

Sendo uma solução para o transporte de cargas, os *containers* se firmaram, a princípio, como a melhor alternativa deste trabalho logístico. A partir da sua regulação pela ISO (*International Organization for Standardization*), no ano de 1986, pós-Guerra do Vietnã, ganhou versões que, hoje, já chegam a dez, vinte, trinta e até quarenta pés, sendo os mais utilizados, nos traslados marítimo, ferroviário em rodoviário, os de vinte e quarenta pés (figura 05). Durante a Guerra do Golfo, essa estrutura passou a ser utilizada na construção de moradias e, mais tarde, para a construção de abrigos para proteção de vítimas de terremotos e outras catástrofes, sendo capaz de resistir às mais diversas condições climáticas (LAFATE, [s.d.]), e assim, na Europa e no Japão, por contextos de acidentes e desastres naturais, a ideia de utilizá-los como abrigos improvisados para a população acometida ou como novo sistema de construção já é aceita e bastante bem-vista há anos.

Figura 05 - Containers de 20 e 40 pés



Fonte: MULTION CONTAINER, [s.d.]

No Brasil, se trata de um sistema construtivo novo e que gera certa desconfiança dos que buscam pela construção civil para moradias, vistos apenas como uma alternativa prática para áreas de estocagem ou escritórios provisórios. Diante disto, somente em 2011 que a primeira casa de *containers* no Brasil foi concebida pelo arquiteto Danilo Corbas. Localizada no interior de SP, conta com

quatro *containers* distribuídos em dois pavimentos, em cerca de 196 m². (figura 06) Aos poucos e de forma tímida, outros métodos como o steel frame, EPS, o wood frame, paredes de concreto e casas modulares vêm ganhando espaço.

Figura 06 - Primeira casa container no Brasil



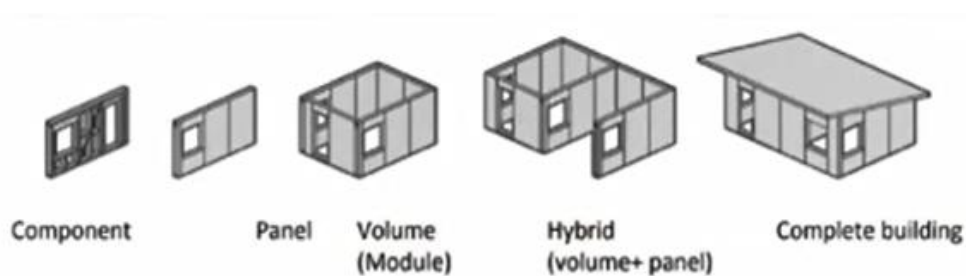
Fonte: ARCH DAILY, 2016

4.3 Projetos modulares

Analisando o termo por um viés ainda mais abrangente, pode-se começar a entender Construção Modular como os projetos que recorrem ao módulo como uma medida padrão, adotada dentro de uma malha modular que o direciona, dentro do qual toda e qualquer dimensão é pré-definida.

Segundo Felipe Savassi (2021), as construções modulares (figura 07) podem receber residências e edifícios residenciais, hospitais e edifícios da área médica, escolas e edifícios da área educacional, hotéis e edifícios da área de hospitalidade e entretenimento, edifícios corporativos e institucionais, edifícios industriais e especiais (penitenciárias, energia, canteiros de obra).

Figura 07 - Montagem da construção modular



Fonte: FELIPE SAVASSI, 2021

A visão vem, incontestavelmente, sendo modificada por meio do olhar da sustentabilidade, que busca um novo conceito de moradia, num país onde a expansão dessa ideia se dá somente por meio da apresentação de projetos e exposição de protótipos em feiras de arquitetura, engenharia e construção, ao invés de na prática efetiva.

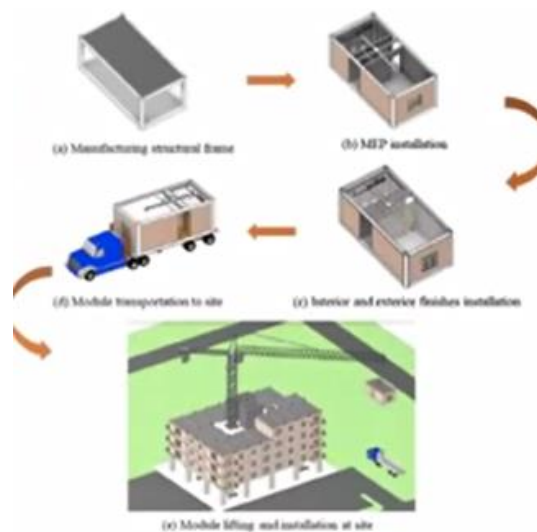
4.3.1 Tipos de construção modular

De modo geral, os projetos modulares poderão ser desenvolvidos por um plano de elementos volumétricos e não-volumétricos. Podem servir-se de uma combinação de construção em ambiente fabril e dentro do local de implantação, dependendo dos requisitos específicos do projeto. Por exemplo, os componentes necessários para formar grandes aberturas ou vãos, que podem ser difíceis de fabricar em instalações externas e dificuldades logísticas, geralmente são construídos no local ou chegam desmontado. Atualmente temos quatro tipos de construção modular mais usados, sendo eles: 3D ou volumétrica, 2D ou painelizada, paramétrica e híbrida. Aprofundaremos somente nos dois primeiros tipos.

- **Construção modular 3D ou volumétrica**

Construção tridimensional (figura 08) que possui variação de tamanho e sistemas de acordo com seu fabricante. O módulo é feito dentro de um ambiente fabril e transportado até o terreno. É composto por: chassi, fechamento, cobertura e base, fundação, instalações e esquadrias.

Figura 08 - Construção modular 3D ou volumétrica



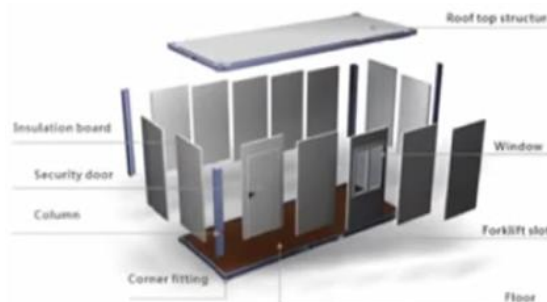
Fonte: FELIPE SAVASSI, 2021

Essa tipologia é muito frequente para pequenas edificações e com poucas metragens, pois tem suas dimensões limitadas devido a logística e podendo ter um frete exorbitante de acordo com o fornecedor e o local de instalação. Tem como vantagem sair da fábrica praticamente pronto para uso, cerca de 95%, e como desvantagem o “carregamento de ar”, ou seja, dentro do módulo transportado há muito espaço inutilizado.

- **Construção modular 2D ou painelizada**

Construção bidimensional é pensar a edificação como um sistema de componentes conectados, sendo eles: elementos estruturais como molduras, vigas e colunas, seções de fachada e revestimento, painéis de parede e divisórias interiores, base e painéis de piso, treliças e painéis de telhado. (figura 09).

Figura 09 - Construção modular 2D ou painelizada



Fonte: FELIPE SAVASSI, 2021

Embora os elementos não volumétricos possam ser transportados com maior eficiência e de forma mais compacta que as unidades volumétricas (figura 10), reduzindo potencialmente os custos de transporte, eles exigem trabalhos adicionais de montagem e vedação no local que elevam a duração da obra, mas que a economia no frete e admitir dimensões maiores pode compensar.

Figura 10 - Construção modular 2D ou painelizada



Fonte: FELIPE SAVASSI, 2021

4.4 Diferença entre arquitetura em *containers* e modular

Ambos são construções modulares, tendo como diferenciação a sua estrutura. Na construção modular pré-fabricada, ao contrário do reuso de algo já existente (*container*), há a fabricação de um produto destinado para uma edificação específica, que segue um briefing e um projeto arquitetônico compatibilizado com o projeto estrutural de acordo com a fábrica fornecedora.

Os benefícios da construção modular fabril são principalmente a maior flexibilidade sem perder a robustez do aço corten, melhor design e acabamento e maior maleabilidade no que tange as dimensões, principalmente na transversal, onde Felipe Savassi (2021) ressalta que enquanto o *container* chega a 2,44m, o modular pode atingir 3,20m, sendo barrado apenas por questões logísticas. O chassi deve conter um bom projeto estrutural onde conte com previsão de vigas, pilares, hidráulica e elétrica. Por ser edificado num ambiente fabril, quanto mais finalizado chega ao terreno melhor, havendo menos intempéries, uso de mão de obra não qualificada, incômodo dos vizinhos, barulhos e falta de equipamentos apropriados. Entretanto, módulos fabricados são menos resistentes no que diz respeito às intempéries como a maresia, grandes operações com muito barro, poeira, ambientes hostis, possuindo revestimentos mais frágeis se comparados aos *containers* marítimos.

4.5 Mercado mundial da construção modular

A expectativa é de que o sistema construtivo cresça a uma velocidade duas vezes superior à da construção tradicional em alguns países, por conta principalmente de fatores como escassez ou o alto custo de mão de obra e déficit habitacional elevado (Estadão, 2021). Hoje, os países que mais se destacam na utilização deste método construtivo são: Suécia (84% de casas são modulares), Japão, Holanda, Alemanha, Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia e países asiáticos. Segundo MBI, o *market share* (participação de mercado, em tradução livre) mundial da construção modular dobrará de 3% para 6% até 2025.

Research and Markets afirma que o mercado global de construção modular movimentou US\$ 102 bilhões em 2018 e deve chegar a US\$ 142,5 bilhões em 2024, tendo taxa de crescimento anual por volta de 5,7%.

5. CONSTRUÇÃO MODULAR NO BRASIL

A Construção Civil, passa, seguidamente, por transformações, desde seus planos de edificação até a tecnologia aplicada. Porém a visão tende a adaptar-se a uma atitude sustentável, e deve ser considerada, ainda, a expressão de maior e melhor custo-benefício com trabalhos visíveis. A construção modular se mostra como tendência para acompanhar a geração atual, que está efêmera, demandando liberdade, mudanças de hábitos e em constante transformação.

Apesar da Construção Modular não ser algo inovador, é a que tem melhor atendido tais demandas e, à vista disso, conquistando interesses e investimentos, com renovações nos âmbitos tecnológico e econômico, de corporações imobiliárias. Mas, ainda hoje, em alguns países, este método construtivo enquadra-se como raro e pouco utilizado.

No Brasil, por exemplo, são apenas hipóteses o fator de que Construção Modular pode ser uma grande e real ruptura, sendo capaz de oferecer prazo e custo no caso de ser difundido tal método construtivo. Na atual crise financeira pela qual o país passa, de certa forma, amenizaria ter como recurso um modelo de construção capaz de atender as necessidades de moradia para quem procura economia. Felipe Savassi (2021) reforça que em nosso país somente 1% utiliza essa tipologia, enquanto o mundo engloba cerca de 3%.

Invariavelmente, a multifuncionalidade da Construção Modular está sendo muito bem notada por mercados distintos, mas, seguramente a construção de prédios residenciais fica como a grande aposta da ruptura. Jonas Medeiros (2021) nos traz que mais recentemente, no Brasil e no mundo, o sistema construtivo modular adentrou no ramo hospitalar, buscando apoiar o combate da pandemia do novo COVID-19, enfermarias modulares foram, e ainda vem sendo, utilizados para dar atendimento a quem se contaminou, dado que houve momentos de urgência e/ou de calamidade pública.

O método de Construção Modular é bastante versátil e pode ser empregado em diversos tipos de empreendimentos, seja para edificações permanentes ou itinerantes. Nessa concepção, a tecnologia deve apoiar muito o crescimento desse método, que pode ser utilizado não somente em habitações, mas em blocos e outras repartições que se associam à arquitetura modular apresentada por insumos de qualidade, eficácia na montagem, custo benefício mais favorável, e que busquem sustentabilidade. Aliás, o avanço de novas inteligências e mecanismos digitais, forçou

organizações à adaptação de seus processamentos como forma de se sobressair no mercado concorrente. A partir desse contexto, o tópico seguinte busca identificar e analisar publicações referentes ao tema da indústria que, segundo Cavalcanti e Nogueira (2017), se caracteriza pelo uso de processos que utilizam máquinas gerenciadas por inteligência tecnológica, como por exemplo a robótica colaborativa, sendo a indústria 4.0. Os especialistas destacam, também, a diferença dessa era em relação a primeira, segunda e terceira revolução industrial, comparando essa em destaque aqui como uma revolução digital que veio para modernizar os processos das organizações (CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2017).

O desenvolvimento da indústria 4.0 tem se apresentado fortemente nas indústrias de transformação. A busca em discutir essa temática fica para o fato de que seus efeitos e transformações, chegando à construção civil, tais como a impressora 3D, drones, realidade aumentada e outras inovações, podem otimizar processos e aumentar a qualidade final dos empreendimentos, abrangendo a Construção Modular com visão e motivação de soluções para mitigar o déficit habitacional, além das questões de sustentabilidade, tecnologia, ergonomia e a indispensável reeducação ambiental. Em constatação geral, para a Construção Civil, cada um desses processos beneficia áreas como, à título de exemplo, a de controle de cronograma mais rígido, uma qualidade já pré-definida nas peças, uma rastreabilidade dos produtos e o uso da tecnologia ajudando no desenvolvimento de novos produtos.

5.1 Normatização da construção modular no Brasil (ABNT NBR 15873)

Como visto, no Brasil a construção modular ainda está como um processo não muito utilizado, pois seria preciso investimento em mão de obra qualificada e melhora no meio de mobilidade. Outro fator para a não utilização desta tecnologia no país, dentro de uma verificação final, seria pelo custo maior que a racionalização, pois, sendo um sistema, para a comunidade brasileira, em referência, novo, ele deve apresentar um valor mais atrativo para que se possa ofertar no mercado, necessitando de redução de tarifas, que, hoje em dia, são muito mais elevadas.

Na contramão das dificuldades já citadas, em 1950, a comunidade brasileira saiu na frente, em âmbito internacional, e já se preparou para poder, eventualmente, assistir prédios inteiros sendo produzidos em fábricas e transportados até o canteiro de obras para a montagem: ficou aprovada uma norma de Coordenação Modular Decimétrica (módulo de 10 cm), a NB-25R.

O conceito de coordenação, passa, em 2010, a se aplicar ao projeto e construção de edificações de todos os tipos e também à produção de componentes construtivos especificamente seguindo a medida padrão de 100 mm para módulos básicos, no cenário em que passou a entrar em vigor a NBR 15873:2010, que define os termos e os princípios da coordenação modular para edificações. O objetivo é permitir que os sistemas e componentes tenham medidas padronizadas de forma industrial e sejam compatibilizados desde o projeto, tornando a construção mais racionalizada e com alto índice de produtividade.

A Coordenação Modular promove o aumento da produtividade e uma consequente redução de custos e desperdícios, pela utilização, num modelo, resumidamente, de componentes padronizados.

6. DEFINIÇÃO PARA A INDÚSTRIA 4.0

Embora apresentem o mesmo propósito nas atitudes originais da indústria altamente tecnológica, a indústria 4.0 possui terminologias usadas por vários autores ainda não tão amplas e categóricas. A maioria das definições encontradas nos primeiros anos, desde que difundida, abrange apenas modelagem, digitalização e gerenciamento de informações.

Pode-se crer que este novo modelo de indústria é a combinação das conquistas tecnológicas dos últimos anos com a visão de um futuro com sistemas de produção inteligentes e automatizados, no qual o mundo real é ligado ao virtual. Assim, ele será apresentado a partir de um estudo histórico do modelo industrial no decorrer dos tempos até a base de descrever a tendência da digitalização e automação do ambiente de manufatura.

6.1 Definição por meio das revoluções industriais

O grande interesse pela Indústria 4.0 gerou muitos questionamentos acerca desse conceito e seus significados. O presente tópico liga-se à compreensão desse molde industrial remodelado fornecendo as contribuições para o campo por meio do ponto de vista histórico, de modo que o conceito seja marcado pela conectividade e digitalização da produção ao longo do tempo.

Com o surgimento da Indústria, deve-se ressaltar que tal conquista atingiu o mundo, podendo ser visto como um dos principais pontos para a evolução histórica da humanidade. Gradualmente a indústria atingiu consideráveis progressos, todos, capazes de alterar significativamente o andamento de uma sociedade, que, atualmente, cooperam com uma reforma tecnológica inovadora que se adapta às novas realidades.

- **Primeira Revolução Industrial e Indústria 1.0**

Anterior à industrialização, toda produção acontecia de maneira manual, portanto, estava ligada às limitações do potencial artesanal humano e, como efeito, era lenta. Além disso, o trabalho era cansativo e produtor carecia de experiência. Com a insatisfação do capitalismo na Inglaterra (metade do século XVIII), a manufatura não era mais interessante para a obtenção de lucros, dado que o sistema econômico e social fica baseado no direito à propriedade privada e, a sério, no lucro e acumulação de capital (Menezes [s.d.]).

Como um processo de reverter o quadro, num primeiro instante, Thomas Newcomen, em 1698, destacou-se pelo uso de maquinário a vapor, que foi aperfeiçoado por James Watt em 1765, segundo explica Boettcher, 2015. Watt conseguiu fazer com que o desperdício de energia da máquina fosse reduzido, e isso melhorou o desempenho do que vinha, mais tarde, substituir e suprir a necessidade da utilização de vários trabalhadores especializados no processo de produção. Essa revolução marcava, então, o início da Indústria 1.0, como, aqui, deve ser referida, em face das revoluções posteriores que, uma após outra, acabou desenvolvendo, no contexto a ser explorado a seguir, a recém-concebida Indústria 4.0.

Torna-se importante salientar que a primeira Revolução Industrial foi a grande motivação para o surgimento do capitalismo em sua forma industrial, como foi, aliás, explicado pelas palavras de Menezes anteriormente. Anterior a isso, a forma era comercial e a revolução transformou seriamente as relações das pessoas.

- **Segunda Revolução Industrial e Indústria 2.0**

Continuando o processo de revolução na indústria, a aprimoração de recursos, o surgimento de novas máquinas e a introdução de novas formas de produção estendem-se para além da Inglaterra, chegando a países como Estados Unidos, França, Rússia, Japão e Alemanha. O ferro, o carvão e a energia a vapor, característicos da primeira fase da Revolução Industrial, são substituídos pelo aço, a eletricidade e o petróleo, os representantes, portanto, desta segunda fase. Tais fatores, impulsionados pelas Revoluções Burguesas, se dão como responsáveis pelo fortalecimento do capitalismo industrial, o que favoreceu o desenvolvimento fabril.

Tal revolução resultou modos de organização da produção industrial que aperfeiçoava a produção a menor custo e menor tempo, ou seja, a racionalização do trabalho. Esses modos de organização ficaram conhecidos como taylorismo e fordismo (Sousa, [s.d.]). As indústrias alcançaram lucros altíssimos e se qualificaram desde o alcance de materiais até o consumidor final. Havia também o controle mais rigoroso sobre os gastos, que motivava operações mais decisivas quanto aos rendimentos. Assim, o capitalismo alcançou uma rapidez e amadurecimento da economia mundial, tornando Estados Unidos, Alemanha, Japão e França como líderes globais de tecnologia.

Visivelmente, o mercado da construção se beneficiou muito dos avanços da segunda revolução e assumiu novas características desde a aquisição de matérias-

primas até o conforto dos usuários em suas habitações. Ficando em evidência a eletricidade, a transformação do ferro em aço e modernização dos meios de transporte, o que facilitou o transporte das matérias-primas relacionadas à construção.

- **Terceira Revolução Industrial e Indústria 3.0**

No período pós Segunda Guerra Mundial (década de 50) os avanços tecnológicos rompiam barreiras enormes para incluir o campo da ciência, integrando-o ao sistema produtivo. Essa conquista inserida à Revolução Industrial ficou designada como Revolução Técnico-Científica-Informacional e, para o presente trabalho, referida como Indústria 3.0.

A alta tecnologia possibilitou a criação de novos computadores e softwares associados ao desenvolvimento da internet. Surgiram computadores pessoais cada vez menores e mais eficientes e, no contexto deste trabalho destacamos o sistema BIM. Trata-se da modelagem da informação da construção, onde todos os setores envolvidos no projeto da edificação estão integrados, compatibilizando o projeto. Segundo Jonas Medeiros (2020), 16% do tempo dos profissionais são reduzidos com o uso desta tecnologia.

Essa fase da revolução também trouxe efeitos negativos para diversos mercados: o avanço tecnológico transformou a relação do homem e o meio à proporção que transformou o processo produtivo. Produzir mais em menor tempo demanda o uso cada vez mais intenso dos recursos naturais.

Frente ao progresso tecnológico, transformação social, cultural e econômica, o homem manteve evoluindo o campo tecnológico, dando espaço, assim, para a emergência da Indústria 4.0, que, aliás, se difere da indústria anterior ao ser modificada por meio do olhar da sustentabilidade.

- **Quarta Revolução Industrial e Indústria 4.0**

A chamada Indústria 4.0, surgida em 2011 na Europa, surgiu de um projeto de estratégias do governo alemão voltado para a tecnologia (Silveira, 2017). O foco do empenho seria, conforme esclarece Venturelli (2017), conectar toda uma indústria, desde a produção até o sistema de vendas.

Com ideias europeias e sendo ainda muito novo, esse conceito de indústria, por exemplo no Brasil, fica restrito. Para o da Construção Civil reforçou-se uma alternativa ideal de superação da competitividade nacional, uma vez que, como

explica Silveira (2017), o fundamento básico da Indústria 4.0 é de que conectando máquinas, sistemas e ativos, as empresas podem criar redes inteligentes e, assim, controlar os módulos de produção de forma autônoma. É fato, portanto, que os rumos dessa nova referência de indústria busquem a conjunção de todas as conquistas tecnológicas mais recentes com a expectativa de um futuro cercado de processos de produção inteligente.

Importante destacar que cada uma das revoluções teve grande valor para a sociedade atual e, principalmente, para o aparecimento da revolução tecnológica dos dias de hoje. Mas também houve problemas, dentre os quais, na Indústria 4.0, pode-se destacar o dos profissionais terem de adequar suas capacidades de trabalho a essa nova realidade em velocidade que possa atender essas promessas de grandes avanços tecnológicos. O Brasil está atrasado em relação aos avanços tecnológicos, tendo poucos setores competitivos, o que se torna evidente ao comparar a indústria de várias nações que ainda estão entrando na Terceira Revolução com o seleto grupo de estados ricos, como o da Alemanha, Estados Unidos e Japão.

7. INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL

7.1 Para o problema de déficit habitacional

No Brasil, a transferência de tendências tradicionais com trabalhos manuais por tendências de automatização e digitalização do ambiente de manufatura ainda apresenta um ritmo muito inferior aos de países desenvolvidos. O conceito da Indústria 4.0 pode ser introduzido e adequado de acordo com a realidade nacional, onde, deve-se diminuir etapas e satisfazer todos os conceitos de aumento que essa Revolução Industrial busca para, hoje, principalmente, mitigar o problema do déficit habitacional brasileiro.

Visivelmente, a qualidade de vida e as condições de todo o espaço brasileiro não cresceu de modo proporcional ao aumento das pessoas residem em ambiente urbano. Através da evolução tecnológica na construção civil brasileira e, enfim, passando pela transformação do canteiro de obras em uma linha de montagem, a redução de custos e prazos de execução e diminuição da demanda por mão de obra e do desperdício de materiais que tal método propõe, mais casas podem ser construídas, sem sofrer, aliás com intempéries ou com variações na produtividade dos trabalhadores, para a busca de atendimento à falta de moradia, inclusive com condições básicas, como o de saneamento básico, segurança e transporte. Tudo isso está relacionado à *off-site* (fora do canteiro, em tradução livre), já que, baseada no pilar da automação do ambiente fabril, previsto pela Indústria 4.0, esse método de construir, tem a execução justificada pelos benefícios de alta redução de ciclos, prazos na execução e custo final; melhor previsibilidade de custo e prazo; redução de mão de obra especializada no canteiro, geração de empregos de melhor qualidade (mais segurança, saúde e salários); processos de produção mais sustentáveis e perdas de materiais próximas a zero; produção em massa customizada, móvel e expansível; redução de serviços e custo pós-obra. (Savassi, 2021)

7.2 Construção *off-site*

A construção *off-site* é um processo de alta tecnologia no qual um edifício ou, pelo menos, parte dele é construído fora do canteiro de obra de forma modular, ou seja, os componentes são produzidos em ambiente controlado, a partir de materiais de qualidade (aço, madeira, vidro, concreto), que, uma vez prontos, são levados para as áreas onde serão montados. Mesmo utilizando-se de outros materiais, outro processo construtivo, do uso que está tendo, da manutenção e execução, as

construções modulares seguem as mesmas normas e padrões da construção convencional, a exemplo, a parede modular não pode ser menos resistente que uma parede de alvenaria. A norma regulamentadora é a NBR 15575, que trata do desempenho de edificações habitacionais. (Savassi, 2021)

Se os *containers* ainda são poucos buscados, a construção fora do canteiro está sendo percebida como uma abordagem atraente para melhorar a eficiência, fluxo e qualidade das construções no Brasil. A redução do tempo de construção e, portanto, o retorno mais rápido do investimento e podendo sair do aluguel para a casa própria com rapidez, é um dos principais atrativos desse tipo de sistema construtivo que pode ocorrer em uma variedade de escalas: desde um prédio com múltiplos pavimentos para uso residencial ou comercial até mesmo para dormitórios estudantis ou hospitalares, ou ainda, uma moradia compacta para as pessoas desassistidas. Os benefícios, semelhantes aos do primeiro, incluem condições de trabalho produtivas e seguras em ambientes de produção. Acontece que a expansão da ideia dos *containers* somente acontece em eventos do ramo ou ainda é visto como depósitos, além do fato que bancos não facilitam financiamento ou algum tipo de investimento em construções do tipo. Nesse sentido, a construção *off-site* vai ganhando maior espaço como forma de elevar a produtividade do setor para condições similares às das demais indústrias.

O mercado construtivo brasileiro não para e é importantíssimo para a sociedade no que toca à economia, particularidades sociais, ambientais e tecnológicas. O uso de novas tecnologias a esse setor é essencial para um país que busca evolução e proporcionar qualidade de vida para seu povo. Dedicar-se para a evolução no ramo das edificações colabora, acima de tudo, com a sociedade. Felipe Savassi (2021) acredita que não devemos nos acomodar com métodos construtivos artesanais, defasados e prejudiciais ao meio ambiente somente porque o ramo emprega profissionais que em muitas vezes já são mais vulneráveis. Recomenda que seja fornecida capacitação a esses trabalhadores, e que por meio da construção modular possam alcançar melhores salários, menor esforço físico e condições mais salubres de trabalho.

A construção civil atende a quase todos os outros mercados, posto que, toda a criação de valor econômico acontece dentro ou por meio de prédios ou outras ampliações construídas. E, como já visto, a população das áreas urbanas do Brasil vem crescendo exponencialmente e todos precisam de habitação acessível, bem

como infraestrutura de serviços públicos. Assim, essas tendências se mostram como desafios, mas podem ser encaradas também como oportunidades, já que, exige uma resposta aceitável do mercado de modo geral. O *off-site* é um sistema construtivo alinhado com essas demandas globais, portanto, iniciativas que permitam o desenvolvimento da construção modular contribuem para solucionar esses anseios da sociedade.

8. A CONSTRUÇÃO MODULAR NA BALANÇA

Este item busca apresentar os pontos positivos, negativos, algumas das principais dúvidas que surgem acerca deste método construtivo, bem como pontos que devem ser analisados antes da escolha deste sistema.

8.1 Financiamento da construção modular

O financiamento da construção modular acaba sendo carente de linhas de crédito se comparado à construção tradicional. Felipe Savassi (2021) acredita que um dos principais motivos para tal falta de oferta seja porque se trata de uma edificação relativamente móvel, podendo ser conduzida para outros locais. Como a garantia do banco é o próprio imóvel, os modulares ainda representam uma garantia instável.

Para as linhas de crédito que atendam tal construções, há algumas exigências, como: tenha sido feita em materiais e em sistemas que atendam normas de desempenho ou normas específicas, como por exemplo as já supracitadas, NBR 15575 e NBR 15873 e seja uma construção permanente.

Como o cronograma da casa modular é muito veloz comparado à casa de alvenaria, seu ciclo é diferente, afetando também o cronograma financeiro. Grande parte da etapa de produção é feito na fábrica e o sistema de financiamento brasileiro entende que a medição (repasse do valor financiado) só pode ser feito quando o módulo é instalado definitivamente no canteiro de obra. (Savassi, 2021)

Se o módulo é fabricado 90% *off site*, o valor do financiamento somente será repassado quando o fiscal averiguar o canteiro da obra. Desta forma, alguém deverá custear inicialmente o valor utilizado antecipadamente. Uma alternativa é usar-se de financiamento tampão, onde um financiamento de curto prazo custeia a produção inicial (antes de alocar no canteiro), e o quita quando houver a medição (repasse do valor financiado). (Savassi, 2021)

8.2 Logística e acesso

Para a viabilização da construção modular deve-se levar em conta o entorno da futura edificação. Os módulos deverão ser içados no ambiente fabril, transportados, descarregados no terreno, içados no local final e acoplados aos demais módulos, se houver.

A avaliação prévia de acesso ao terreno deve compreender: fiação aérea, árvores, pórticos, postes, infraestrutura urbana, acesso a guindastes e carretas,

edificações nas adjacências, acesso a guindastes e carretas, curvas e inclinações no acesso e se há área para manobra. (Savassi, 2021)

8.3 Vantagens do sistema modular

- Fundações mais rápidas com economia de até 75%;
- Retorno do investimento mais rapidamente, saindo do aluguel mais rápido;
- Previsibilidade orçamentária e cronograma definido, no processo do projeto é possível saber quanto será gasto e ter uma previsão de conclusão mais precisa;
- Menor uso de recursos naturais (pedra, água, brita);
- Menor desperdício de materiais e geração de resíduos (obra mais limpa), cerca de 65% a menos;
- Obra mais rápida, sendo 1/3 da convencional, havendo execução de várias etapas ao mesmo tempo e evitando atrasos por intempéries, por exemplo;
- Praticidade, flexibilidade, variabilidade, podendo ser expandido ou readaptado;
- Sistema construtivo sustentável, em virtude de o consumo de energia ser muito menor e maior controle do desperdício de resíduos;
- Alta qualidade obtida em ambiente controlado;
- Sistemas de isolamento térmico e acústico.

Adaptado de Felipe Savassi, 2021

8.4 Desvantagens do sistema modular

- Resistência cultural e certo preconceito à edificação pré-fabricada;
- Construção civil é vista como mola social pra economia, tendo a função social de absorver mão de obra sem qualificação;
- Logística e infraestrutura ineficientes em grandes partes do país;
- Poucas empresas especializadas no mercado;
- Necessidade de integração ao BIM, havendo dificuldade para engenheiros e arquitetos que utilizam softwares mais conservadores;
- Falta de equipamentos e materiais nacionais, pressionando importações, o que pode aumentar o valor;
- Regime de tributação voltado para facilitar o consumo convencional;
- Fluxo de desembolso mais curto, demandando alternativas diferentes de

financiamento;

- Dificuldade de logística e acesso podem inviabilizar a edificação;
- Política tributária defasada em relação a tecnologia, encarecendo materiais industrializados.

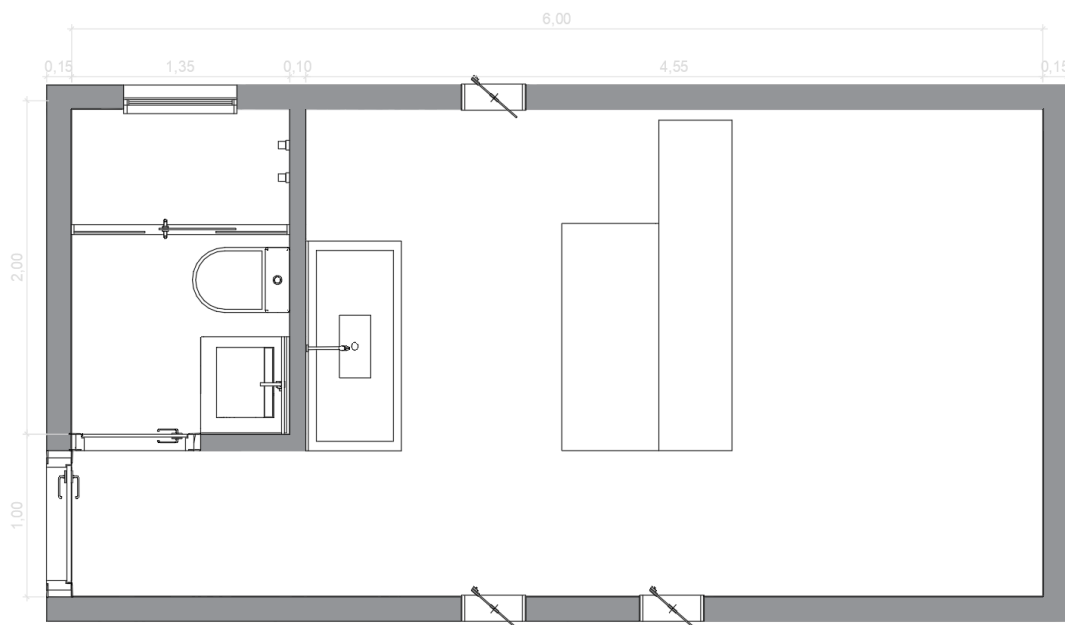
Adaptado de Felipe Savassi, 2021

9. PROJETO

Este capítulo tem o intuito de apresentar um projeto modular, bem como suas características técnicas e noções em 2 e 3D, a fim de se mostrar viável ou não para a mitigação do déficit habitacional e protótipo para futuras adaptações, estudos e aprimoramentos

A parte estrutural consiste em um módulo retangular com medidas de 3,00 m x 6,00 m, pé direito de 2,80 m e com uma área habitacional de 18 m² (figura 11). Tal moradia é composta por três cômodos: cozinha integrada, uma área social/íntima e um banheiro. Vale destacar que o último será a única área que contará com painéis de divisória. Os ambientes poderão estar sujeitos a alterações de layout, de acordo com preferência e necessidades do morador, o que poderá ocasionar variação do orçamento inicial.

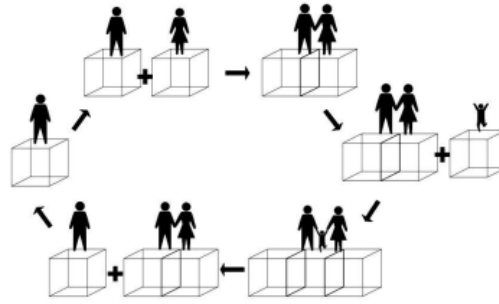
Figura 11 - Layout em Autocad



FONTE: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

Este projeto teve como viés norteador o uso para duas pessoas adultas. O uso de mais mobiliários em busca de maior conforto, trarão conseqüentemente redução do espaço de circulação, porém vale destacar que tais edificações modulares podem sofrer alterações passíveis de ampliação e configuração diante as necessidades, como traz a figura 12. Havendo um único morador, o layout poderá ser reajustado, proporcionando mais espaço em virtude de as necessidades serem reduzidas.

Figura 12 - Possível ciclo de vida de uma habitação modular reutilizável



FONTE: PATINHA, 2011

As dimensões tiveram como orientação a norma em vigor NBR 15873, de 2010, que trata sobre a coordenação modular para edificações e busca promover rapidez na montagem e redução dos desperdícios. Não houve escolha de um terreno específico para este estudo, sendo necessário a viabilidade do mesmo e as adequações necessárias.

Os materiais que serão mencionados foram apurados por meio de pesquisas com empresas do ramo da construção modular no Brasil, a citar: Brasil ao Cubo, CubiCon, Visia e a Conect Steel. Materiais que serão apresentados a seguir em termos de características técnicas, aplicações e montagem.

9.1 Fundações

Torna-se indispensável o uso de fundações para acomodação do módulo, feita de elementos estruturais, ela permite a distribuição para o solo, procedente da carga atuante, necessitando ser rígida. Suas dimensões e tipos ficam por conta da resistência do solo do terreno, podendo ser uma fundação direta ou indireta. É uma das etapas mais importantes do processo de construção, pois proporciona estabilidade e segurança à edificação.

A escolha da fundação mais adequada para o projeto fica por conta do profissional responsável que irá analisar as condições do solo do lote e de cargas, edificações vizinhas, presença de lençóis freáticos, esforços atuantes, materiais, elementos e mão de obra disponíveis, designando a melhor opção que proporcione utilidade e condição econômica. Quando levada em consideração brevemente, seu custo pode corresponder de 5% a 10% do custo total da obra, em caso de desatenção, os custos posteriormente podem chegar a 10 vezes mais.

Em síntese, podemos classificar uma fundação como rasa ou profunda, no qual a primeira é indicada geralmente para obras de pequeno porte e transmitem a carga de forma direta ao solo, pelas pressões emitidas pela base da fundação, enquanto as fundações profundas são recomendadas para construções maiores, com uma profundidade mínima de 3,00 m e com a carga transmitida por intermédio da resistência de base, de fuste ou ambos (AVILA, 2019, Recurso Online; NBR 6122/1996, Recurso Online, p.02).

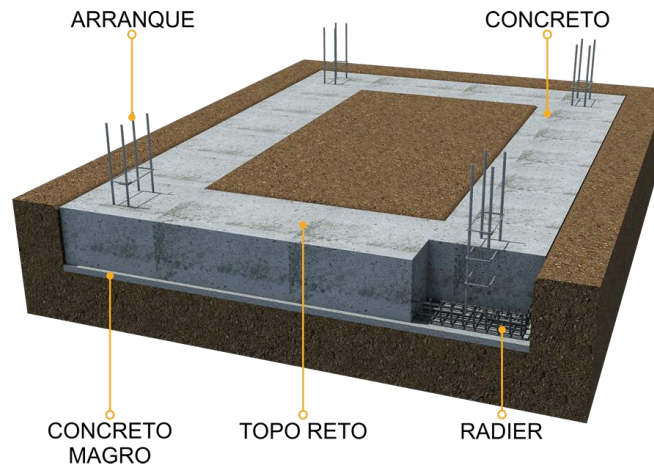
Diante do apresentado e devido a dimensão do módulo estudado ser exíguo, o projeto será executado em suporte a uma fundação rasa, que se dividem em sapatas (sapata corrida, sapata isolada e sapata associada), viga baldrame, radier e bloco. Ressalta-se que a construção em módulos chega a pesar cinco vezes menos que a alvenaria tradicional, que além de proporcionar economia, poderá contar com fundações menos robustas como o radier (trata se de uma plataforma de concreto que distribui de forma uniforme a carga da edificação – figura 13) usado geralmente para construções modulares painelizadas ou as sapatas corridas (quando a carga é distribuída de forma linear – figura 14) ou isoladas (dimensionada para suportar a carga de apenas um pilar ou coluna – figura 15), usadas principalmente nas construções modulares volumétricas, que é o nosso objeto de estudo.

Figura 13 - Fundação tipo Radier



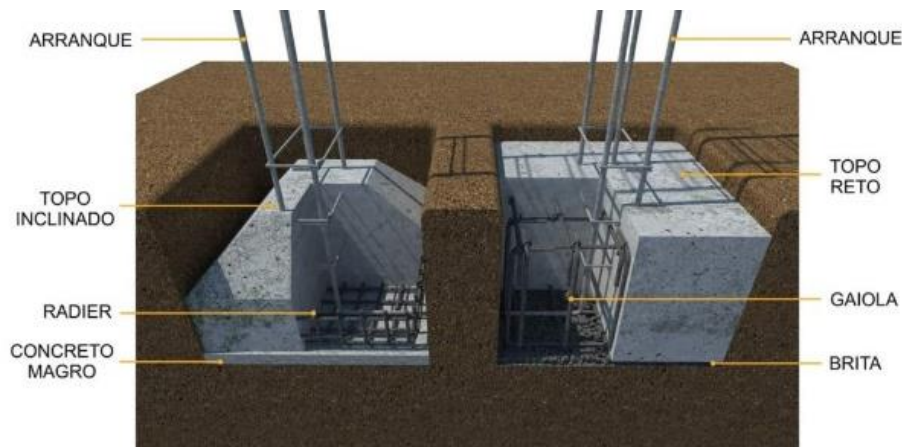
Fonte: COPPENGE ENGENHARIA, 2018, Recurso online.

Figura 14 - Fundação tipo Sapata Corrida



Fonte: RETONDO, 2020, Recurso online.

Figura 15 - Fundação tipo Sapata Isolada



Fonte: RETONDO, 2020, Recurso online.

9.2 Execuções

Para cada execução existe um método específico: para as sapatas, por exemplo, é necessário primeiramente efetuar a escavação no terreno, nos locais que serão feitas as fundações, depois é preciso depositar uma quantidade de concreto que servirá de proteção para a armadura, e assim seguir para as formas e os espaçadores de acordo com o projeto e as especificações do fabricante, adicionar a armadura e por fim realizar a concretagem dela. Assim, após o tempo de cura (28 dias) encerra-se a fundação e pode se alocar os módulos acima dela.

A dimensão proposta para a fundação acompanhará o mesmo comprimento e largura do módulo contemplando os revestimentos finais, com uma largura pela face

exterior de 3,30 m e um comprimento de 6,30 m.

Uma vez que o uso de concreto armado apresenta uma degradação ambiental e alto de recursos naturais, este material será utilizado apenas a nível de fundação, se tornando nulo no uso para outros meios, como vigas e pilares.

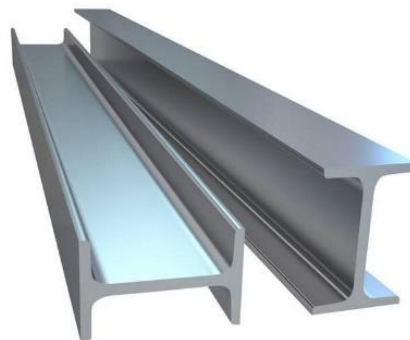
Apesar de o chassi (estrutura), vedações internas, fachadas, pisos e lajes dependerem do tipo de construção modular empregada e de seu fabricante, suscitaremos a seguir alguns materiais e formas de produção.

9.3 Estrutura

Para o projeto em questão faremos uso de perfis de 150 por 150 mm para pilares e vigas/longarinas. Podem ser adquiridos já beneficiados pela empresa Gerdau, em forma de laminados em W e U, permitindo mais possibilidades de encaixes, ligações, acabamentos estruturais e com uma imensa variedade de bitolas e com alto peso agregado. Pode se usar também perfis que sejam cortados e dobrados, onde cada dobra gera resistência e não acrescenta peso a isso. A fim de evitar deformações, acidentes, flambagens e afins, o projeto arquitetônico deve ser muito alinhado ao projeto estrutural da fábrica em questão, sendo benéfico decidir a fornecedora e trabalhar em cima de suas medidas, evitando cortes de painéis por exemplo, onde implicaria em mais resíduos e maior valor empregado.

Na aplicação das vigas/longarinas e pilares, se empregará o perfil W Gerdau (Wide Flange) ou viga "I" (figura 16), pois apresenta bastante flexibilidade, alta resistência e suporta boa pressão e peso. Este perfil se destaca pelo seu ótimo custo-benefício, leveza e fácil movimentação.

Figura 16 - Perfil W ou Viga "I"



Fonte: FERRO E AÇO ROSSETTI, 2017, Recurso online.

Na estrutura do piso se utilizará o perfil U (figura 17), uma peça versátil, leve e prática na montagem.

Figura 17 - Perfil "U"



Fonte: FERRO E AÇO ROSSETTI, 2017, Recurso online.

9.4 Acabamentos

A seguir serão abordados alguns dos materiais que são utilizados pelas empresas do ramo que fizemos as pesquisas. A utilização varia de acordo com cada proposta arquitetônica, portanto há empresas que fazem a entrega do módulo com o material estipulado por eles, com aviso prévio. Mas em grande maioria é um nicho muito versátil dando possibilidades ao cliente (figura 18).

Há uma prioridade para materiais industrializados em placas ou painéis, como, por exemplo, placa cimentícia, ACM (alumínio composto) ou painel Kingspan Isoeste em PIR (isotérmicos em Poliisocianurato), pois há uma facilidade na distribuição desses materiais na fabricação dos módulos e no controle de qualidade e prazos.

Figura 18 - Opções de acabamentos para construção modular

PAREDES EXTERNAS	Painel Isoeste Liso Painel Isoeste Trapezoidal SmartSide LP ACM (Alumínio Composto) Tijolo a vista Madeira Placa cimentícia
-----------------------------	---

<p style="text-align: center;">PAREDES INTERNAS</p>	<p>Estrutura aparente Gesso acartonado Tijolo a vista Cerâmico para áreas molhadas OSB</p>
<p style="text-align: center;">PISOS</p>	<p>Porcelanato e Cerâmico Vinílico Carpet Deck madeira Chapa Xadrez</p>
<p style="text-align: center;">FORROS</p>	<p>Chapas OSB Estrutura aparente Forro modular Gesso Madeira ripada</p>

Fonte: Adaptado - Brasil ao Cubo, 2017

9.5 Impermeabilização

A impermeabilização consiste num agrupamento de medidas com aplicação de produtos específicos, com fim de prevenir a infiltração de água na obra construída. Visto que a água encontrada em seus três estados físicos (líquido, sólido e gasoso) é uma das principais fontes que ocasiona a patologia nas construções.

De acordo com o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização), um projeto específico de impermeabilização, mão de obra especializada e a fiscalização constante, são as três precauções básicas para garantir um serviço confiável. Correções tardias de impermeabilização acatam em valores elevados, visto que é uma situação que fica fora do alcance do cliente e somente notada anos depois. Por isso, a NBR 9575/2003 regulamenta e estabelece as condições mínimas relativa à seleção e projeto de impermeabilização para a garantia da segurança, precaução e conforto do usuário e da estanqueidade das partes construtivas.

As causas para ocorrência de manifestações de umidade, geralmente são bastante diversificadas, portanto a utilização de material impermeabilizante deve garantir bloqueio de passagem de água, durabilidade, longevidade da garantia, flexibilidade e suportar as condições climáticas. Atualmente, no mercado existem

vários materiais que permitem a segurança para a obra, sendo a maioria a base de petróleo (figura 19).

Figura 19 - Tipos de impermeabilização

Tipos de Membrana	Características
Membranas de betumes-polímeros	Constituídas por uma mistura betuminosa modificada por uma resina, plastomérica ou elastomérica.
Membranas de natureza termoplástica	As mais conhecidas são as de PVC plastificado e as de mais recente divulgação são as de poliolefinas (TPO ou FPO).
Membranas elastoméricas	Incluem-se as vulcanizadas e as não vulcanizadas. Contam-se entre as membranas vulcanizadas em fábrica as de monómero de etileno-propileno-dieno (EPDM) e as de borracha butílica. Nas não vulcanizadas em fábrica, incluem-se as de poli-isobutileno (PIB) e as de polietileno clorado (CPE).

FONTE: COPPENGE ENGENHARIA, 2018, Recurso online.

9.6 Isolamento Térmico e Acústico

O isolamento térmico e acústico tem se tornado uma preocupação indispensável em uma edificação, principalmente após o início da pandemia do COVID-19, com a qual as pessoas necessitaram ficar mais tempo em suas residências, aprenderem a trabalhar em modo remoto e começaram a perceber a importância de ambientes que proporcionem conforto termal e sonoro, melhorando a produtividade, comodidade, economia, além de bem-estar nos horários livres.

Um prejulgamento quando se trata de construção modular é que esta seria sem conforto, não oferecendo isolamento térmico e acústico, mas ao contrário disso, quando há aplicação de bons isolantes e com mão de obra qualificada, se torna uma edificação até mais confortável do que as feitas em alvenaria convencional. Busca se

sempre manter os níveis de pressão sonora compatíveis com a legislação e estabilizando as transmissões térmicas internas.

Um mesmo material térmico acaba sendo utilizado para isolar a acústica também, visto que eles apresentam características muito interessantes que se complementam e conjugam. Enfatiza-se que a escolha dos isolantes fica por conta das empresas contratantes e podem sofrer variações devido a região ou clima predominante de onde o módulo será instalado. Atualmente se utiliza variados isolantes de origem sintética, natural e mineral que serão apresentados a seguir (figura 20) e são encontrados em diversos métodos pré-fabricados como blocos, painéis, placas e mantas.

Figura 20 - Opções de materiais para isolamento térmico acústico

ISOLANTES DE ORIGEM MINERAL	Lã de vidro Lã de rocha Espuma de vidro Perlite expandida Vermiculite expandida Argila expandida
ISOLANTES DE ORIGEM VEGETAL	Aglomerado de cortiça expandida Aglomerado de fibras de madeira Fibras vegetais (sisal, fibras de coco) Lã de ovelha
ISOLANTES DE ORIGEM SINTÉTICA	Poliestireno Expandido Poliestireno Extrudido Espuma rígida de poliuretano Espuma rígida à base de PVC (Policloreto de vinil) Espuma Fenólica

Fonte: Adaptado, ESTT, 2018.

O conforto térmico é de fundamental importância para a satisfação do usuário, e quando um edifício não proporciona conforto em seu interior influencia diretamente no consumo energético, considerando que os ocupantes tendem a tomar medidas

para torná-lo confortável, como por exemplo, o uso de ar-condicionado (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, citado por SANTO, 2014).

9.7 Interiores

O tema em análise é bastante abrangente e flexível por sua diversidade de materiais presentes no mercado. Desta maneira, este capítulo não tem o intuito de expor algo concreto, já que sofre alterações que variam de acordo com o briefing, preferências e orçamento. Evidencia-se que este trabalho não tem como foco um projeto de interiores, e sim usufruir da construção modular de modo que ela possa contribuir com o déficit habitacional da cidade de Ribeirão Preto, se tornando uma opção mais sustentável, rápida e econômica.

9.7.1 Revestimentos

Os revestimentos representados na maquete eletrônica (SketchUp) servirão apenas para apresentar o projeto piloto, não entrando no orçamento final. A única especificação é que os revestimentos de piso devam ter alta durabilidade e resistência e fornecer segurança em áreas molhadas, principalmente o banheiro, evitando acidentes/escorregamentos. Frisamos a preocupação com a segurança contra riscos de incêndios, anulando revestimentos que possam inflamar-se ou propagar chamas facilmente. A escolha dos mesmos deve fornecer conforto hidrotérmico e visual.

9.7.2 Louças Sanitárias, cubas e caixa d'água

Como há uma gama de opções, a solução adotada para o projeto foi o uso de louças sanitárias e cubas mais econômicas e utilização de sistemas simples, funcionais e com racionalização e poupança de água.

O abastecimento de água e saneamento é propiciado pelo DAERP (Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto) e os materiais utilizados na instalação hidráulica é equivalente ao das residências confeccionadas em alvenaria convencional. A caixa d'água pode ser instalada de forma tradicional (em cima da edificação) contanto que haja estrutura suficiente para suportar o peso. Há também a opção de estar no nível do solo ou enterrada no subsolo, fazendo se necessário o uso de um pressurizador, que funciona através de energia elétrica e podendo deixar a edificação desabastecida caso haja interrupção no fornecimento.

9.7.3 Instalações elétricas e iluminação

O fornecimento da energia elétrica na cidade de Ribeirão Preto se dá através da CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) e sua instalação na edificação ocorre como na alvenaria, por dentro das paredes de vedação. Por ser um espaço compacto e que busca otimização, deve se aproveitar a luz do sol, usar lâmpadas de lâmpadas eficientes e econômicas com temperaturas adequadas à sensação desejada, proporcionando conforto e funcionalidade.

9.7.4 Mobiliário

O projeto terá mobiliários bases para uma otimização da utilização do espaço modular, podendo sofrer alterações devido a quantidade de moradores presentes na residência. Conjuntamente, há inúmeras soluções presentes no mercado para mobiliário e varia muito de gosto, necessidade e budget do cliente.

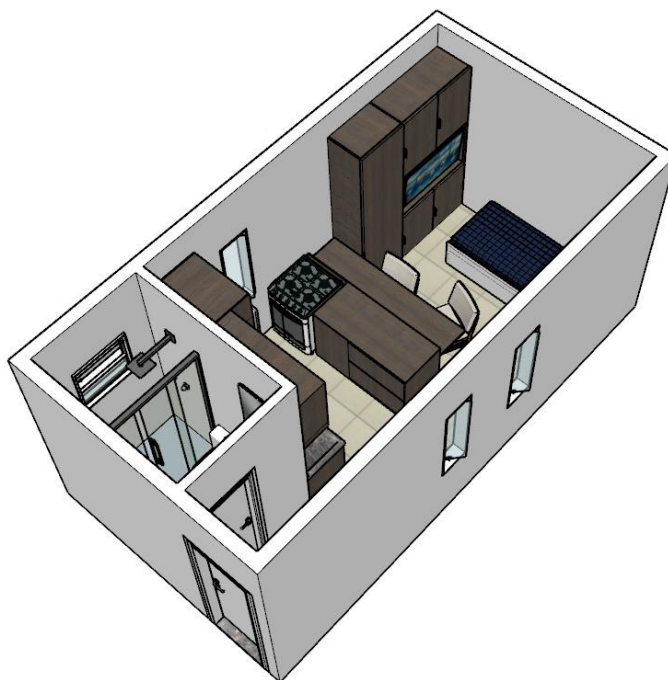
9.7.5 Esquadrias

As esquadrias usadas na construção modular são correspondentes às esquadrias da construção convencional (alvenaria). O posicionamento das esquadrias se dá buscando ventilação cruzada, aproveitamento da luz natural e consequentemente conforto e salubridade.

9.7.6 Orçamento

Mediante as pesquisas com as empresas Brasil ao Cubo, CubiCon, Visia e a Conect Steel, o preço do m² varia entre R\$ 4.000,00 a R\$ 4.500,0, sendo incluso neste valor a parte estrutural do módulo (chassi), fechamento externo (fachada) e interno e garantia de 10 anos em média. De acordo com os materiais empregados há variações de preço, podendo chegar a R\$ 3000,00 se a edificação for construída totalmente em madeira. Deve se ressaltar que esse valor não contempla o frete e a instalação dos módulos, bem como aquisição e preparação do terreno, fundação, instalações de energia e água e mobiliário.

Figura 21 - Maquete eletrônica - Perspectiva - Sketchup



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

Figura 22 - Maquete eletrônica – Vistas aéreas - Sketchup



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

Figura 23 - Maquete eletrônica – Sketchup



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

Figura 24 - Maquete eletrônica – Sketchup



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2021

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste projeto, que nos permitiu aprofundar os conceitos, conhecimentos técnicos e dados relativos à construção modular e déficit habitacional em nosso país, resultou em um projeto de moradia em que utiliza o método construtivo modular industrializado. Esta edificação permite a acomodação de até duas pessoas, viabilizando conforto, segurança, rapidez e conscientização ambiental, a fim de mitigar situações de carência residencial em nosso país, tendo em foco a cidade de Ribeirão Preto.

O trabalho foi composto por pesquisas sobre a trajetória do déficit habitacional das construções, das revoluções, assim como, os métodos, condições, materiais, mão de obra, orçamento e procedimentos de montagem da construção modular e quais podem atender, ou não, as pessoas que residem em casas inapropriadas ou em situação de rua.

Apesar de ter nos acrescentado muito como pessoas e profissionais, entendemos que agora, o intuito deste trabalho, mitigar o déficit habitacional através de uma nova forma de construção, não seja viável, nem mesmo alcance interesse de doadores, políticas públicas, entre outros. Os custos inerentes às soluções técnicas e aos casos de estudo, apresentam valores competitivos e que podem ter grande aceitação no mercado imobiliário, portando ainda está longe de estar acessível a todos.

No momento atual, pandemia do COVID-19, a economia do país se encontra em uma situação ainda mais crítica, resultando em milhões de famílias com insegurança alimentar, sem oportunidade de trabalho e sem perspectivas, não só deixando a questão da moradia em segundo plano, como aumentando ainda mais essa carência.

Esperamos que este trabalho cause interesse acerca de um método construtivo tão pouco explorado em nosso país e que se mostra tão versátil e capaz de atender diversos interesses, sem contar os demais benefícios, como: agilidade na execução, redução de resíduos e uso de recursos naturais, qualidade e conforto.

Ressaltamos que para a mitigação do déficit habitacional, assim como tantas outras desigualdades, deva haver envolvimento e investimento de órgãos municipais e governamentais, principalmente no que tange a adequação de programas sociais, linhas de crédito e financiamentos que abranjam outras formas de construção e que levem em consideração a realidade dos brasileiros. Além de haver melhor

planejamento das cidades, visando inteligência aliada a tecnologia e conceitos ambientais e sustentáveis, que culminará em maior conscientização dos munícipes ao meio em que vivem, já que uma grande parcela da população brasileira não tem a cultura de interesse no destino dos resíduos.

Outros pontos a serem trabalhados para que haja a disseminação de novas formas construtivas é a oferta de cursos para capacitação de mão de obra qualificada, não fazendo com que a construção civil seja vista como uma profissão que não careça de conhecimento e tendo função social para mitigar o alto desemprego. Além de reconsiderar acerca das políticas tributárias relacionadas a tecnologia e a falta de incentivo no território brasileiro, que precisa importar equipamentos e materiais que são associados às moedas estrangeiras, fazendo com que o real seja ainda mais desvalorizado.

Tendo por base o estudo realizado, há a necessidade de mais especialização para execução na nossa realidade atual, abrangendo outras circunstâncias como: projeto elétrico, hidráulico, ilumino-técnico, revestimentos, mobiliários, ergonomia e design de interiores. Esta análise ainda pode englobar um estudo do nível de eficiência, rentabilidade, habitações sustentáveis e poupança associada num determinado período. Um outro estudo pode ser uma análise do ciclo de vida do projeto, bem como os custos associados à manutenção dele.

A finalidade de manifestar-se a ciência para esse tipo de problemática, reforça o papel dos órgãos responsáveis em zelar pelo bem-estar de sua população e incentivar causas que possam contornar os profundos abismos ecológicos e sociais, habitual da realidade da sociedade brasileira. Diante disso, o sucesso desse projeto depende do aperfeiçoamento dele, combinando sustentabilidade, indústria, implicações sociais, técnicas e econômicas a fim de promover métodos construtivos que sejam eficientes, exemplares e melhore a vida dos brasileiros.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **SECRETARIA NACIONAL DE HABITAÇÃO.** Disponível em: <https://www.capacidades.gov.br/dicionario/index/letra/d>. Acesso em: 2 nov. 2021

ARCHDAILY. **CASA CONTAINER GRANJA VIANA / CONTAINER BOX** Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/800283/casa-container-granja-viana-container-box>. Acesso em: 30 nov. 2021.

ARCHDAILY. **QUIOSQUE K67: O PROJETO MODULAR DOS ANOS 60 QUE PERMANECE VIVO ATÉ HOJE,** 2017. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/867621/quiosque-k67-o-projeto-modular-dos-anos-60-que-permanece-vivo-ate-hoje>. Acesso em: 30 nov. 2021.

CONAMA. **GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Disponível em: <https://www.sinduscon-caxias.com.br/uploads/files/legfedresolucao307.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CRBIO. **BRASIL GERA 79 MILHÕES DE TONELADAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS POR ANO.** Disponível em: <https://crbio1.org.br/imprensa/em-pauta?pauta=678>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CUNHA, Guilherme Antônio Correa Cunha. **DÉFICIT HABITACIONAL: o tamanho da desigualdade social no Brasil,** 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/bee/article/view/4014> Acesso em: 25 set. 2021

DOMINGOS, Nadion Florindo; FERNANDES JUNIOR, Valtair. **O DÉFICIT HABITACIONAL NO BRASIL FRENTE ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS DE HABITAÇÃO,** 2016. Disponível em: <http://pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/121>. Acesso em: 28 set. 2021

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **POLÍTICAS PERMANENTES DE HABITAÇÃO: a importância do programa minha casa minha vida.** São Paulo: FGV Projetos, 2014. FREITAS, Fernando Gabriel Campos. **DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA COMPOSTA POR PERFIS E CHAPAS DE MADEIRA (WOOD FRAME).** Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3013/2/FERNANDOGCF_MONO.pdf. Acesso em: 24 nov. 2021.

GARCIA, Gustavo; RESENDE, Sara. **SENADO APROVA CRIAÇÃO DO PROGRAMA HABITACIONAL CASA VERDE E AMARELA,** 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/politica/noticia/2020/12/08/senado-aprova-criacao-do-programa-habitacional-casa-verde-amarela.ghtml>. Acesso em: 25 set. 2021

International Organization for Standardization (ISO). **PADRONIZAÇÃO DO CONTAINER.** Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/search.htm?qt=container&sort=rel&type=simple&publis>. Acesso em: 19 nov. 2021.

JORGE, Liliam Pederneiras; RAVACHE, Rosana Lia. **CONSTRUÇÃO MODULAR PRÉ-FABRICADA, O FUTURO DA ARQUITETURA NO BRASIL**. 2021. Disponível em: <https://periodicos.univag.com.br>. Acesso em: 29 ago. 2021.

LAFIETE. **CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA OU CONTAINER: QUAL A MELHOR OPÇÃO?**. Disponível em: <https://www.lafietelocacao.com.br/artigos/construcao-de-alvenaria-ou-container-qual-a-melhor-opcao/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

MARICATO, Erminia. **HABITAÇÃO E CIDADE**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 1997.

MENEZES, Pedro. **Capitalismo**; Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/capitalismo/>. Acesso em 19 de nov. de 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, **DADOS REVISADOS DO DÉFICIT HABITACIONAL E INADEQUAÇÃO DE MORADIAS NORTEARÃO POLÍTICAS PÚBLICAS**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/dados-revisados-do-deficit-habitacional-e-inadequacao-de-moradias-nortearao-politicas-publicas>. Acesso em: 25 set. 2021

MULTION, Containers. **CONTAINERS E SUAS MEDIDAS**. Disponível em: <https://multioncontainer.com.br/containers-e-suas-medidas>. Acesso em: 30 nov. 2021.

OLIVEIRA, Elzira Lucia de; GIVISIEZ, Gustavo Henrique Naves; RIOS NETO, Eduardo Luiz Gonçalves. **DEMANDA FUTURA POR MORADIA NO BRASIL 2003-2023: uma abordagem demográfica**. Ministério das Cidades, 2009.

PATINHA, Sérgio Miguel Pinto de Almeida. **CONSTRUÇÃO MODULAR – DESENVOLVIMENTO DA IDEIA: casa numa caixa**, 2011. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/6096>. Acesso em: 12 de out. 2021

POSSA, Anderson Aorivan da Cunha; FREITAS, Elísio de Azevedo. **O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA SOB A ÓTICA DA ECONOMIA DO SETOR PÚBLICO**, 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/bee/article/view/4005>. Acesso em: 25 set. 2021

ROSATO, Claudio Sérgio Oliveira de. **MARMORARIA DE SALVADOR: Um estudo quantitativo e estratégico sobre reaproveitamento e reciclagem de resíduos de rochas ornamentais**, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream>. Acesso em: 6 nov. 2019.

ROSSO, Silvana Maria. **HOSPITAIS MODULARES E PANDEMIA**. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VCnzlm1-4yE>. Acesso em: 07 de set. 2021

SAVASSI, Felipe. **FORMAÇÃO MODULAR: A sua capacitação técnica**. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JJZB5izeY8U&t=11s>. Acesso em: 27 nov. 2021.

SAVASSI, Felipe. **INTEGRAÇÃO MODULAR: Projeto a entrega das chaves**. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ai6avB9bA-Q&t=2s>. Acesso em:

27 nov. 2021.

SAVASSI, Felipe. **OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS VOLUMÉTRICO E PAINELIZADO.** 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Bsm_alRRI9s&t=11s. Acesso em: 27 nov. 2021.

SAVASSI, Felipe. **REVOLUÇÃO MODULAR: A Oportunidade,** 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ucRUwkZHVgW&t=1224s>. Acesso em: 27 nov. 2021.

SILVEIRA, C. B. **O QUE É A INDÚSTRIA 4.0 E COMO ELA VAI IMPACTAR O MUNDO.** Citisystems. 2017. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 23 de nov. 2021.

SOUSA, Rafaela. **"TERCEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL";** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 20 de nov. de 2021.

SOUSA, Rafaela. **SEGUNDA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL;** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>. Acesso em 19 de nov. de 2021.

URBE. **O QUE É DÉFICIT HABITACIONAL E COMO É CALCULADO?** Disponível em: <https://urbe.me/lab/o-que-e-deficit-habitacional-e-como-e-ele-e-calculado/>. Acesso em: 2 nov. 2021

VENTURELLI, M. **INDÚSTRIA 4.0: UMA VISÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.** Automação Industrial, nov. 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 23 de nov. 2021.

VILARINHO, Sabrina. **ILUMINISMO NA LITERATURA;** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/literatura/iluminismo-literatura.htm>. Acesso em 19 de nov. de 2021.