

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

Faculdade de Economia, Administração, Contábeis e Atuariais

Curso de Administração

NICOLAS BALLESTEROS CUNHA

CONSTRUÇÕES MODULARES:

**Um estudo de caso da empresa Tropic House
sobre Sustentabilidade, Design e Tecnologia**

São Paulo - SP

2022

NICOLAS BALLESTEROS CUNHA

CONSTRUÇÕES MODULARES:

**Um estudo de caso da empresa Tropic House
sobre Sustentabilidade, Design e Tecnologia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Administração da Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo, sob a
orientação do Prof^o Dr. Luís Antonio Volpato

São Paulo - SP

2022

AVALIAÇÃO: _____

Assinatura do orientador: _____

RESUMO

A competitividade do mercado da construção civil tem imposto às empresas do ramo a necessidade constante de se adequar na produção de edificações. A transformação tecnológica dos processos de construção é uma importante ferramenta para se obter melhorias na qualidade de produtos e industrialização dos métodos construtivos, além de criar maior agilidade na execução das edificações. Neste trabalho, apresenta-se, por meio de um levantamento bibliográfico com base em dados acadêmicos e um estudo de caso sobre a empresa Tropic House Tecnologia Imobiliária Ltda., dados sobre Construção Modular como alternativa sustentável, seus desafios e diferenciais no mercado. A partir dos estudos foram destacados os métodos, as etapas construtivas e avaliou-se as condições de mercado do modelo. É uma solução construtiva para melhorar a previsibilidade de custos e tempo construtivo, reduzir o impacto ambiental e proporcionar agilidade na produção e entrega do projeto, mas que, no entanto, exige estudos específicos de viabilidade, tecnologia e logística, onde além disso a falta de conhecimento técnico do modelo, do ponto de vista mercadológico e construtivo, leva à preconceitos sobre a verdadeira eficácia do produto, os quais mostram que ainda há um longo caminho a ser percorrido para a adoção e implementação plena do método construtivo em questão.

Palavras-Chave: Construção pré-fabricada, Sistemas construtivos, racionalização do processo construtivo, Tropic House, Sustentabilidade, Tecnologia Modular, Construções Off-Site, Design, Arquitetura Modular.

ABSTRACT

The competitiveness of the civil construction market has imposed companies in the sector the constant need to adapt in the production of buildings. The technological transformation of construction processes is an important tool to obtain improvements in the quality of products and industrialization of construction methods, in addition to creating greater agility in the execution of buildings. This work presents, through a bibliographic survey based on academic data and a case study of the company Tropic House Tecnologia Imobiliária Ltda., information on Modular Construction as a sustainable alternative, its challenges, and differentials in the market. From the studies, the methods and the constructive steps were highlighted, as the market conditions of the model were evaluated. This is an efficient method of building, a constructive solution to improve cost predictability, reduce the environmental impact and provide agility in the production and delivery of the project, but which, however, requires specific feasibility, technological and logistical studies, which in addition, with the lack of technical knowledge of the model from the market and constructive point of view, perpetrates prejudices about the true effectiveness of the product, which shows there is still a long way to go for complete adoption and implementation of the constructive method in question.

Key words: Prefabricated construction, Construction systems, rationalization of the construction process, Tropic House, Sustainability, Modular Technology, Off-Site Buildings, Design, Modular Architecture.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estimativa de déficit habitacional.....	14
Figura 2 – Objetivos para o desenvolvimento sustentável.....	24
Figura 3 – Perfil de aço galvanizado	28
Figura 4 – Painel típico em LSF	29
Figura 5 – Exemplo de concepção do SVV com função estrutural	29
Figura 6 – Exemplo de concepção do SVV sem função estrutural.....	30
Figura 7 – LSF montado pelo método Stick.....	31
Figura 8 – Elementos estruturais pré-fabricados em oficinas e levados para a montagem da estrutura	32
Figura 9 – Unidades modulares empilhadas na forma da construção final	33
Figura 10 – Transferência da carga vertical para a fundação.....	34
Figura 11 – Esquema de fixação por chumbadores	36
Figura 12 – Esquematização de laje seca	37
Figura 13 – Esquematização de laje úmida.....	37
Figura 14 – Tropic House 84	41
Figura 15 – Oportunidades atraentes no mercado de construção modular	44
Figura 16 – Mercado de construção modular, por região (US\$ BILHÕES)	45

LISTA DE ABREVIações

ABCIC	Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto
ABRAINCC	Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CBCA	Centro Brasileiro de Construção em Aço
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEO	Chief Executive Officer (Diretor Executivo)
CIB	International Council for Research and Innovation in Building and Construction
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Aplicada
LSF	Light Steel Frame
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OSB	Oriented Strand Board (Painel de Tiras de Madeira Orientadas)
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas
SVV	Vedação Vertical
UNODC	Escritório das Nações Unidas sobre Drogas e Crime

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
1 CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL	12
1.1 A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
1.2 O MERCADO DE CONSTRUÇÃO CIVIL	13
1.3 CONSTRUÇÃO CIVIL E GERAÇÃO DE RESÍDUOS	15
1.4 CONSTRUÇÕES MODULARES	17
2 INOVAÇÃO PELA SUSTENTABILIDADE	21
2.1 SUSTENTABILIDADE	21
2.1.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030	23
2.2 O MERCADO DE SUSTENTABILIDADE	24
2.3 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
3 ESTUDO DE CASO	27
3.1 CONSTRUÇÕES MODULARES SUSTENTÁVEIS	27
3.1.1 Métodos Construtivos	31
3.1.1.1 Método Stick.....	31
3.1.1.2 Método por painéis	31
3.1.1.3 Método por módulos	31
3.1.2 Etapas Construtivas	34
3.1.2.1 Fundações.....	34
3.1.2.2 Painéis.....	34
3.1.2.3 Lajes e coberturas	34
3.1.2.4 Isolamento	34
3.2 A EMPRESA TROPIC HOUSE	39
3.2.1 Histórico.....	39
3.2.2 Operação.....	40
3.3 O MERCADO DA CONSTRUÇÃO MODULAR SUSTENTÁVEL	41
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	50

INTRODUÇÃO

O mercado de construção civil é crescente e está sempre à procura de inovações tecnológicas, buscando a eficiência, economia e a sustentabilidade, que também tem entrado nesta equação. Segundo Milan et al (2011), o crescimento da concorrência entre as empresas de construção tem aumentado a competitividade e exigido das empresas um melhor aproveitamento de seus recursos. Porém, nas construções de pequeno porte no país, os métodos utilizados são predominantemente artesanais, caracterizados pelo baixo rendimento e alto índice de desperdício, além da geração de resíduos.

O desenvolvimento de novas tecnologias, alternativas construtivas mais rápidas, baratas e de melhor qualidade, trazem muitas mudanças no cenário atual da construção civil, principalmente em termos de eficiência produtiva. A indústria da construção é responsável por mais de 30% do consumo global de recursos, incluindo 12% de toda a água doce do planeta. Gera quase 40% do total de resíduos sólidos, enquanto a produção de materiais de construção utiliza cerca de 10% da oferta mundial de energia, além disso é o maior contribuinte para as emissões de gases de efeito estufa, consumindo cerca de 30% da energia mundial, o que preocupa os pesquisadores da mudança é o aumento de resíduos, que por sua vez aumenta a escassez de recursos (JORGE et al, 2021).

A construção modular combina velocidade de execução, precisão milimétrica e desperdício reduzido. Este é um método de construção viável do ponto de vista técnico e econômico. Além disso, outra vantagem é que pode ser aplicado em edifícios de diferentes tamanhos e tipos. O crescente uso de edifícios modulares industrializados é uma resposta sensata à necessidade de produzir edifícios eficientes, de qualidade e desempenho superiores, com menor custo e de forma gerenciável, produzidos de forma mais sustentável em um período curto.

Esta pesquisa visa apresentar a arquitetura sustentável modular, seus desafios e diferenciais no mercado. Para isso, a pesquisa apresenta o mercado de construções modulares, através de uma pesquisa dos diferenciais competitivos, voltado a sustentabilidade, e como a ecoeficiência é importante para a sociedade atual.

O mercado da construção civil é muito relevante para o desenvolvimento econômico, mas também desempenham um papel importante na geração de resíduos sólidos urbanos. Os investimentos no setor, abrangem vários tipos de construções,

desde a melhoria da infraestrutura pública, obras industriais ou mesmo o setor habitacional, as obras de engenharia e construção aumentam, e como consequência a geração de resíduos se torna ainda maior, o modo de construir ainda é falho pelo fato de apresentar desperdício de materiais, e ainda persiste problemas como a má segregação de resíduos, sendo ainda eventos típicos nessa atmosfera.

Construções modulares geram uma quantidade reduzida de resíduos de construção, além de otimizarem o tempo empregado na execução. Além disso, esse tipo de construção pode ser empregado com impacto reduzido ao relevo local, tornando a construção mais sustentável.

A tecnologia de construção modular é um método construtivo sustentável devido à baixa geração de resíduo de obra, ao aproveitamento de materiais, zero uso de água e possibilidade de ser 100% autônoma, além de ágil e uma excelente opção arquitetônica moderna que alia o design e a tecnologia. Estas tecnologias são grandes modelos de negócios e possuem relevante potencial no mercado da construção civil.

Como metodologia de pesquisa, a abordagem adotada será a dialética descritiva. Esta, segundo Lakatos e Marconi (2003), penetra no mundo de determinados fenômenos através de sua ação recíproca, da contradição inerente ao fenômeno e da mudança dialética que ocorre na natureza e na sociedade. Na pesquisa dialética relaciona-se à ideia fundamental da qual o mundo não deve ser considerado como um complexo de coisas acabadas, mas sim um complexo de processos em que coisas aparentemente estáveis passam por mudanças ininterruptas de devir a decadência. A análise realizada é de forma qualitativa.

Nas pesquisas de cunho qualitativo, sobretudo naquelas em que não se dispõe previamente de um modelo teórico de análise, costuma-se verificar um vaivém entre observação, reflexão e interpretação à medida que a análise progride, o que faz com que a ordenação lógica do trabalho se torne significativamente mais complexa, retardando a redação do relatório. (GIL, 2002, p. 90)

Como técnica de pesquisa, é realizada uma pesquisa exploratória em fontes secundárias, entre elas publicações do mercado de construção civil, de especialistas e outros. Uma das fontes apresentada como forma de estudo de caso é a empresa Tropic House, a qual constrói casas modulares. Um estudo de caso, de acordo com Yin (2001, p.32) “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites

entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. Este estudo de caso tem como objetivo demonstrar os conceitos teóricos apresentados na pesquisa, através dos dados obtidos pela vivência profissional do autor dentro da organização.

1 CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

A indústria da construção civil desempenha um papel importante no desenvolvimento do país, quer do ponto de vista económico, destacando a sua intervenção no seu ciclo produtivo, gerando consumo de bens e serviços de outros sectores, quer do ponto de vista social, devido à sua capacidade de absorver mão-de-obra. Este é um setor responsável por diferentes tipos de engenharia e serviços, incluindo a fabricação de casas, edifícios, pontes, barragens, fundações de máquinas, estradas, aeroportos e outras infraestruturas.

1.1 A importância da construção civil

A construção civil é uma fonte geradora de empregos, e com eles a economia é impulsionada pela geração de emprego e renda. Nos anos em que o Brasil obteve maior crescimento económico, como em 2010, o percentual de crescimento foi de 7,5%, e o PIB da construção civil no mesmo período cresceu cerca de 13,1%. Em 2014, o número de construção civil caiu significativamente, 2,1% em número, impactando negativamente a economia nacional, crescendo apenas 0,5% (IBGE, 2011).

Além de utilizar diversos tipos de insumos, a construção civil também contempla inúmeros serviços que exigem mão de obra qualificada em áreas como engenharia, construção civil, setores administrativos e de apoio. No entanto, todas as atividades relacionadas têm custos associados. Se esses custos se tornarem elevados, a capacidade de investimento da indústria diminuirá naturalmente, gerando riscos à rentabilidade do capital investido (VIERA e NOGUEIRA, 2018).

A importância da indústria da construção é evidente por algumas das principais características estruturais da indústria da construção civil, ou seja, desempenha um papel significativo no PIB de qualquer país, com uma variação percentual de 3% nos países considerados desenvolvidos. Há uma variação entre 5% e 10% em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento e ainda absorvem mão de obra de alto valor independentemente do nível de desenvolvimento económico (BARRA, PASCHOARELLI e RENÓFIO, 2006).

O desenvolvimento económico dos entes federados, sejam municípios, estados ou nações, depende de diversos aspectos para aumentar a riqueza e o poder

aquisitivo de seus moradores, melhorando assim sua qualidade de vida. Com base nesse pressuposto, Vieira e Nogueira (2018) destacam que determinados setores econômicos (como a construção civil) são importantes para o crescimento econômico de um país devido à sua correlação com outros setores.

O movimento econômico gerado pela produção das empresas do setor de construção civil ajuda a promover o crescimento da taxa de emprego e da demanda do mercado. Além disso, neste setor, há um comprometimento com a entrega do projeto e a proteção ambiental, abrindo caminho para o progresso social e enfrentando o desafio de práticas sustentáveis que acompanham o crescimento global.

1.2 O mercado de construção civil

Os tipos de habitação dominantes localizados nos arredores das principais cidades do mundo permaneceram praticamente inalterados por décadas. O movimento entre as duas guerras estabeleceu um marco na história da arquitetura em que o projeto e a produção dos espaços residenciais foram completamente revistos, analisados segundo critérios claramente estabelecidos, cujos resultados orientaram - e ainda orientam - boa parcela de projetos habitacionais em todo o mundo ocidentalizado (FREIRE, 2010).

Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) apontam que em 2020, o setor da construção civil teve um aumento de 9,8% em suas vendas, dentro do segmento imobiliário. Um estudo sobre o desempenho econômico do setor de construção para o segundo trimestre de 2021, realizado pela CBIC, viu a previsão de crescimento do setor para o ano passar de 2,5% para 4% (GOMES, 2021).

Ainda conforme dos dados da CBIC, a indústria da construção civil encerrou o primeiro semestre de 2022 com 184.748 novos empregos formais. Considerando as séries CAGED e Novo CAGED, esse número é o maior desde 2012 (205.907). Das 184.748 novas vagas criadas, 85.131 foram para construção civil, 63.066 para serviços profissionais de construção e 36.551 para engenharia de infraestrutura. Apenas no mês de junho, foram criados 30.257 novos empregos por meio de carteira assinada, com profissionais distribuídos em três segmentos da indústria: infraestrutura (10.833), construção civil (10.430) e serviços profissionais de construção (8.994) (CBIC, 2022).

Segundo uma Nota Técnica sobre as estimativas do déficit habitacional brasileiro do Instituto de Pesquisa Aplicada – IPEA, estima-se que os dez municípios com maiores déficits são todos capitais de estados, com São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Salvador ocupando, respectivamente, as quatro primeiras posições. A Figura 1 apresenta dados sobre o déficit habitacional com base na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (FURTADO et al, 2013).

URBANO	2007	2008	2009	2011
Número de domicílios	47.536.349	49.097.569	50.044.074	53.219.429
Déficit habitacional	4.607.176	4.278.033	4.791.825	4.548.545
Precárias	552.174	503.391	447.226	502.611
Rústico	471.902	427.099	393.419	391.878
Improvisados	80.272	76.292	53.807	110.733
Coabitação	2.012.094	1.743.518	2.029.079	1.599.112
Cômodos	195.860	162.943	204.685	225.384
Conviventes com intenção de mudar	1.817.741	1.580.575	1.827.407	1.374.909
Excedente aluguel	1.756.369	1.735.474	2.020.899	2.110.409
Adensamento aluguel	511.324	487.073	524.929	503.697

Figura 1: Estimativa de déficit habitacional

FONTE: FURTADO et al, 2013.

Um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias – ABRAINC, juntamente com a Fundação Getúlio Vargas – FGV, indica que o déficit habitacional aumentou 7% em um período de dez anos, de 2007 a 2017, tendo atingido 7,78 milhões de unidades habitacionais em 2017 (GAVRAS, 2019).

Diante de tais dados, verifica-se a precariedade nas habitações, em especial nas grandes capitais, além da a necessidades de sistemas para construção civil práticos e eficientes para esta parcela da população com poucos recursos.

Com o expressivo aumento da demanda no setor imobiliário, em especial nas grandes metrópoles, especialistas do setor como da CBIC e Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC) projetam uma maior procura por estruturas pré-fabricadas, principalmente com o objetivo de reduzir os prazos de entrega. A pré-fabricação está prevista como uma forma possível de reduzir custos,

tempo de construção, energia e impactos ambientais no setor da construção. A pré-fabricação é baseada na produção e pré-montagem de componentes, elementos, painéis ou módulos na planta antes da montagem no local final da casa (TAVARES, LACERDA e FREIRE, 2019).

Agilidade e cumprimento de prazos, bem como redução de custos e sustentabilidade, são metas fundamentais para o desenvolvimento de projetos de altíssima qualidade e diferenciação no mercado. Para tanto, a construção civil busca novas tecnologias para atender as demandas do mercado. A qualidade do edifício e a praticidade da construção não ficaram para trás nessa busca. Portanto, as estruturas pré-fabricadas estão se tornando cada vez mais importantes. Os produtos pré-fabricados ganham cada vez mais espaço no mercado, tanto em termos de estética quanto de qualidade técnica, e para os construtores que desejam obter melhores resultados, é imprescindível um melhor entendimento de suas características e benefícios para a engenharia.

1.3 Construção civil e geração de resíduos

A Resolução CONAMA nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente de 05 de julho de 2002 foi um marco na gestão dos resíduos da construção civil ao estabelecer diretrizes, normas e procedimentos para minimizar o impacto ambiental decorrente. A resolução define resíduos da construção civil como:

Resíduo da construção civil: 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 307/2002, Art. 2º).

Em média, a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14% e 50% dos recursos naturais extraídos da terra. O Japão consome cerca de 50% do material rodante da economia. Nos Estados Unidos, o consumo representa aproximadamente 75% dos materiais em circulação. Os resíduos de construção e demolição (RCD) são compostos principalmente por minerais encontrados na natureza (ex: concreto, argamassa, rocha, solo e cerâmica) (SOUZA e DEANA, 2007).

Para a classificação de RCD, o art. O artigo 3º da Resolução CONAMA 307/2002 divide os resíduos da construção civil em quatro categorias distintas, categorias A e B recicláveis e categorias C e D não recicláveis. Em 2004, essa resolução foi alterada pelo CONAMA 348/04, que passou a incluir o amianto na categoria de resíduo perigoso. Em 2011, por meio da resolução 431/11, o gesso foi redistribuído para a categoria de lixo reciclável. Essa resolução foi atualizada pela última vez em 2012 pelo CONAMA 448/12, porém, não houve alteração na classificação dos resíduos. A seguir, é descrita a categoria de enquadramento do tipo RCD.

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III - Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA 307/2002, art. 10).

O controle do processo de produção de resíduos é muito recente porque tem características muito próprias, uma vez que são produzidos por um setor com diferentes tecnologias e métodos de produção. Sua quantidade, composição e propriedades são perturbadas por diversos aspectos, dentre os quais o (SILVA e SOLER, 2012):

- O nível de desenvolvimento da indústria de construção local;
- A qualidade e formação da mão-de-obra disponível;
- Técnicas de construção e demolição utilizadas;
- Adotar um plano de qualidade e redução de perdas;
- Empregar processos de reciclagem e reaproveitamento no canteiro de obras;
- Tipos de materiais predominantes e/ou disponíveis na área;

- Desenvolvimento de obras especiais na zona (metro, esgotos domésticos, reabilitação do centro histórico, etc.);
- Desenvolvimento econômico da região;
- Demanda por novas construções.

Os processos produtivos que geram resíduos são diversos, e seu impacto no meio ambiente ainda requer ações mais efetivas para mitigar os problemas ambientais. A destinação adequada dos resíduos é um dilema em alguns países, no caso do Brasil, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (2018) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) afirma que cerca de 48% dos municípios estão em todos os projetos de expansão, mas nenhuma possui rede de esgoto e 69% dos resíduos gerados são depositados em aterros sanitários. Dados como esses são alertas relacionados aos resíduos, principalmente quando se consideram as informações do IBGE (2010), que afirma que o país produz cerca de 175.325 toneladas de resíduos por dia, destes, 63% eram obras civis, mostrando a gravidade do problema e exigindo medidas mais efetivas.

A destinação dos RDCs ocupa grande área devido ao seu pequeno porte e baixa compactação, sendo responsável pelo esgotamento dos lixões nas grandes e médias cidades, pois equivalem a cerca de 60% dos resíduos sólidos urbanos (SOUZA e DEANA, 2007). Além disso, devido à deposição irregular, podem ter impactos e custos ambientais e socioeconômicos significativos. Além de reduzir a qualidade de vida nas cidades, grandes quantidades de lixo, se não forem gerenciadas adequadamente, podem sobrecarregar os serviços de limpeza pública.

1.4 Construções modulares

A construção tradicional em alvenaria envolve a construção de elementos estruturais, como pilares e vigas, em concreto armado e a vedação de vãos com blocos de vedação cerâmicos ou de concreto. Outro método bastante utilizado, principalmente na execução de projetos verticais, é a alvenaria estrutural, sistema construtivo que utiliza blocos estruturais cerâmicos ou de concreto como suporte e vedação de toda a edificação.

A modulação é uma ferramenta geométrica, física e econômica projetada para tornar os espaços de um edifício eficientes do ponto de vista do dimensionamento dos

projetos, considerando padrões de mercado de diversos mobiliários, buscando melhor aproveitamento dos espaços. O uso da modulação é fundamental na prática modular da habitação, que integra as diferentes etapas da construção e fornece diretrizes para a obtenção de um sistema modular aberto (FREIRE, 2010).

Mini casas, casas flutuantes, soluções para desafios urbanos e casas inteligentes, minimalistas, sustentáveis e flexíveis. De acordo com um relatório da Terracotta Ventures, a construção modular fora do local com base em módulos industrializados fabricados fora do local deverá crescer globalmente 5,75% ao ano até 2025. O estudo também apontou que Brasil, China e Japão são os países com mais oportunidades de crescimento no setor. Em alguns países, espera-se que os sistemas de construção cresçam duas vezes mais rápido que a construção convencional, em grande parte devido à escassez de mão de obra ou altos custos de mão de obra e altos déficits habitacionais (ZANATTA, 2021).

Em comparação com a produção industrial, esses métodos têm pouco controle sobre o processo construtivo e têm apresentado suas próprias inadequações, principalmente quando a qualidade dos serviços prestados e a rapidez da construção se tornaram fatores determinantes para a comercialização dos empreendimentos. Outros métodos como *light steel frame* (LSF), o *wood frame*, paredes de concreto, casas containers e casas modulares ganham espaço de forma gradual e tímida (JORGE et al, 2021).

Estruturas pré-fabricadas são componentes que são produzidos fora do canteiro de obras. Eles são estruturas prontas, apenas encaixadas e devidamente fixadas para construir. Atualmente, diversas estruturas são produzidas e entregues em forma pré-fabricada no projeto: vigas, lajes, pilares, paredes, coberturas e muitas outras. As obras estão disponíveis em diferentes tamanhos e formatos, o que aumenta as possibilidades de criatividade dos arquitetos e reduz o trabalho de execução. Os edifícios modulares são considerados uma opção mais sustentável do que os métodos tradicionais de construção pelos seguintes motivos:

- Maior flexibilidade e reutilização. Os edifícios modulares podem ser desmontados e os módulos podem ser realocados ou reformados para novos usos, reduzindo a necessidade de matérias-primas e minimizando o consumo de energia para atender às novas demandas.

- Menos desperdício de materiais. Elimine o desperdício reciclando materiais, controlando o estoque e protegendo os materiais de construção à medida que sua fábrica é construída.
- Redução de gases: Como a construção modular é amplamente concluída usando materiais secos em um ambiente controlado pela fábrica, o potencial de retenção de altos níveis de umidade em novas construções é eliminado.

Enquanto a indústria busca a flexibilidade por meio de novas tecnologias, as obras civis, como os canteiros de obras, não podem ser realizadas pelos métodos industriais utilizados nas linhas de produção em série. Para poder utilizar o conceito de modulação, segundo a visão executiva da arquitetura civil, é preciso mudar a forma de olhar para o próprio edifício. É importante ressaltar que o novo projeto de habitação inclui, entre outras questões fundamentais, materiais relacionados ao estudo de dimensões, que são coordenados e desenvolvidos de forma modular (FREIRE, 2010).

Por meio de construções modulares, é possível reduzir significativamente a geração de resíduos de construção, além de agilizar a implantação da construção. Este método inclui uma variedade de técnicas e é eficiente para a produção industrial, pois permite processos simultâneos. Portanto, o custo, bem como o período de trabalho são reduzidos. As construções modulares no Brasil também podem ter designs diferentes e podem criar qualquer estilo.

A harmonização modular é incorporada às práticas construtivas e produtivas, bem como o foco na compatibilidade dimensional, em grande parte devido aos esforços para incentivar a padronização e normalização, visando a habitação por meio de sistemas construtivos em evolução, mais comumente vistos em países da América do Norte e Europa. No início, o uso da modulação foi depreciativamente associado à construção econômica de baixa qualidade, porém, atualmente, devido às mudanças no ambiente econômico-financeiro da produção da construção, voltam-se a considerar os processos de racionalização e compatibilidade construtiva e dimensional (FREIRE, 2010).

Como alternativas que aumentam a produtividade, a construção modular é importante nas práticas adaptadas ao uso, como quantidade, tamanho, geometria e inter-relações, prestação de serviços e equipamentos, mobiliário e flexibilidade. Os edifícios modulares se desenvolveram rapidamente nos últimos anos devido às

vantagens de proteção ambiental, construção rápida e qualidade de construção garantida com tecnologia e controle dos processos construtivos.

2 INOVAÇÃO PELA SUSTENTABILIDADE

Por definição, inovar significa “Produzir ou tornar algo novo; renovar, restaurar” (MICHAELIS, 2022), neste sentido, considera-se que inovação é explorar e ter sucesso a partir de novas ideias. Este conceito pode ser aplicado em diferentes campos, incluindo o campo técnico, ou seja, a criação de novos produtos e processos, bem como a criação de mercados, modelos de negócios e novas abordagens. Em um mundo que enfrenta questões socioambientais, é cada vez mais necessário aliar inovação à sustentabilidade, pois não é apenas uma forma de proteger o meio ambiente, mas também uma forma de ter acesso a novas oportunidades de mercado.

A inovação sustentável é uma estratégia que se insere no contexto em que a inovação é necessária, mas que também respeita o meio ambiente. Isso torna isso um grande desafio, pois os métodos inovadores usados anteriormente eram alvo de muitas críticas.

2.1 Sustentabilidade

É muito comum em diversas sociedades que a quantidade de resíduos produzidos é maior que a quantidade de bens consumidos (ROCHA e JOHN, 2003). Assim, o termo "sustentabilidade" está gradativamente presente no ambiente de negócios. A definição mais comum de sustentabilidade é a Comissão Brundtland (TEMPLE, 1992), que acredita que o desenvolvimento sustentável deve atender às necessidades da geração atual sem prejudicar as necessidades das gerações futuras. Esta definição fornece um claro dos princípios básicos de sustentabilidade, uma visão de longo prazo, uma vez que é necessário analisar os interesses das gerações futuras.

O cenário global tem passado por mudanças consideráveis no decorrer dos anos, em especial no quesito ambiental, pois, após séculos de exploração dos recursos ambientais do nosso planeta, segundo Zuini (2013), a humanidade tem refletido a respeito da adoção de práticas que promovam o desenvolvimento econômico em equilíbrio com as necessidades do planeta. O autor ainda ressalta que a partir dessa reflexão, a sociedade vem tentando se adaptar ao conceito de sustentabilidade, que até pouco tempo atrás não era difundido.

O desenvolvimento sustentável é um conjunto de ações visando conciliar objetivos para as pessoas, para o planeta e para a economia. Em relação à economia, Amato Neto (2015) ressalta que tradicionalmente, desenvolvimento econômico era sinônimo de crescimento econômico, com aumento do Produto Interno Bruto - PIB, e devido aos altos índices de desigualdade, foram aplicados outros métodos para se medir o desenvolvimento econômico.

O acesso aos bens materiais e imateriais justifica-se ao passo que possibilita o desenvolvimento das capacidades individuais, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005). Desenvolver é dar oportunidades para as pessoas se desenvolverem. O desenvolvimento das pessoas retroalimenta o desenvolvimento da coletividade. Entre essas oportunidades e pessoas podem estar o empreendedorismo e os empreendedores, que buscam oportunidades de negócios que atendam às necessidades, anseios e apelos da sociedade atual.

Em conformidade com a PNSB, preparada pelo IBGE em 2000, a geração de resíduos per capita no Brasil varia de 450 a 700 gramas para municípios com menos de 200.000 pessoas e de 700 a 1.200 gramas em municípios com mais de 200.000 habitantes. Os destroços que são compostos por resíduos de construção, reparos, demolições, terraplenagem, formam uma parcela considerável deste montante (MMA, 2005).

A responsabilidade ambiental é uma questão mundial devido à falta de reaproveitamento e reciclagem, esgotamento dos recursos naturais, alteração das paisagens e geração de resíduos. Desta forma, o conceito de sustentabilidade insere-se no paradigma da arquitetura civil, enfrentando o enorme desafio de equilibrar as necessidades humanas com a capacidade de sustentação do planeta, sem comprometer as necessidades das gerações futuras (CIB, 2002). O desenvolvimento sustentável de edifícios civis é:

(...) uma ação concentrada de todas as partes envolvidas na criação e uso do ambiente construído. Os clientes precisam exigir um ambiente construído mais sustentável, os profissionais precisam adotar e promover práticas de construção sustentável através do seu trabalho, a indústria da construção precisa comprometer-se a seguir os processos de construção sustentáveis e órgãos reguladores precisam incentivar, capacitar e reforçar a construção sustentável (CIB, 2002, p. 1).

Com base no conceito de desenvolvimento sustentável, em 2015 surgiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, baseados no legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, com o objetivo de sintetizar os objetivos não alcançados (ONU, 2015). Destes, três objetivos se comunicam diretamente com o setor civil e de construção no que se refere à água e saneamento para todos: indústria, inovação e infraestrutura e cidades e comunidades sustentáveis.

2.1.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para 2030

Em setembro de 2015, líderes mundiais e representantes da sociedade civil se reuniram na sede das Nações Unidas em Nova York para concordar com um plano de ação para acabar com a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas vivam em paz e prosperidade. Conhecido como a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, o plano levou à criação de 17 ODS, que se baseiam nos antigos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (UNODC, 2022).

A Agenda 2030 afirma que colocar o mundo no caminho do desenvolvimento sustentável requer uma ação ousada e transformadora. Os ODS, por sua vez, constituem uma lista ambiciosa de metas a serem alcançadas até 2030. O principal objetivo desta nova agenda é não deixar ninguém para trás. Em outras palavras, todos ao redor do mundo devem fazer parte dessa transição (UNODC, 2022).

O processo da agenda de desenvolvimento pós-2015 é liderado pelos Estados Membros das Nações Unidas, com a participação dos principais grupos e partes interessadas da sociedade civil. A agenda reflete os novos desafios do desenvolvimento e está vinculada aos resultados da Rio+20 (Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável), realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em junho de 2012 (UNODC, 2022).

Os 17 objetivos e 169 metas anunciados demonstram a escala e a ambição dessa nova agenda universal. Eles se baseiam no legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio e realizarão o que não conseguiram. Eles buscam realizar os direitos humanos para todos, alcançar a igualdade de gênero e empoderar mulheres e meninas. São unos e indivisíveis, equilibrando as três dimensões do desenvolvimento sustentável: econômica, social e ambiental (UNODC, 2022).

A Figura 2 ilustra os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável:



Figura 2: Objetivos para o desenvolvimento sustentável

Fonte: UNODC, 2022.

Entre outras coisas, a Agenda 2030 prevê três metas que estão intimamente relacionadas à construção civil, pois este setor é tão importante para o desenvolvimento econômico e social de um país. São eles: água e saneamento para todos; construindo estruturas resilientes; e, garantias para consumo e produção sustentável.

2.2 O mercado de sustentabilidade

A globalização, a internacionalização econômica, a integração dos mercados e, principalmente, as mudanças e novas formas de organização, levaram a discussões inéditas sobre questões ambientais, sociais e étnicas. Essa mudança, segundo Botta e Donadone (2014), traz consequências irreversíveis para o ambiente corporativo, entendido como responsável por garantir o meio ambiente e a qualidade de vida da comunidade e de seus colaboradores.

O desenvolvimento sustentável cada vez mais tem se tornado uma exigência global. Geralmente ele faz um equilíbrio entre a demanda do desenvolvimento econômico e a necessidade de proteção do nosso meio ambiente natural. O conceito clássico de desenvolvimento econômico é usar todos os recursos disponíveis para

produzir o máximo possível e ao mesmo tempo poluir ininterruptamente – a sustentabilidade não era uma preocupação para ninguém. Durante esta era clássica de desenvolvimento económico e industrial, testemunhou-se e promoveu-se a passos gigantescos de laboriosidade, sem aperceber dos seus efeitos nefastos sobre o ser humano, o ambiente e a sociedade (MISHRA, 2015). Os efeitos colaterais desses processos de desenvolvimento, no entanto, também foram igualmente enormes – perda de biodiversidade, mudanças climáticas, danos ambientais, entre outros.

Embora o mercado sustentável não seja um diferencial para todos, há um número substancial de consumidores que são potencialmente receptivos a um apelo verde. De acordo com a pesquisa Roper, 58% dos consumidores dos EUA tentam economizar eletricidade em casa, 46% reciclam jornais, 45% devolvem garrafas ou latas e 23% compram produtos feitos ou embalados em materiais reciclados. Alguns consumidores já demonstram sentimentos verdes esporádicos em seus hábitos e comportamento de compra (GINSBERG e BLOOM, 2004).

Consumidores, acionistas e a sociedade em geral, todos se beneficiam quando uma empresa integra o respeito ao meio ambiente em sua estratégia de marketing. Se implementado corretamente, o marketing verde pode ajudar a aumentar a conexão emocional entre consumidores e marcas. Ser considerado uma empresa verde pode gerar uma imagem pública mais positiva, o que pode, por sua vez, aumentar as vendas e aumentar os preços das ações. Uma imagem sustentável também pode levar o consumidor a ter maior afinidade por uma empresa ou por um produto específico, fazendo com que a fidelidade à marca cresça (GINSBERG e BLOOM, 2004).

De acordo com um relatório da Terracotta Ventures, o apelo comercial da construção modular é grande porque é um produto que pode ser pronto para a fábrica, com benefícios sustentáveis e ecológicos além da velocidade. Construir com métodos tradicionais leva um ano reduzido para dois meses. O mercado movimenta atualmente 300 milhões de reais por ano, mas tem potencial para chegar a 6 bilhões de reais, segundo o relatório (ZANATTA, 2021).

2.3 Sustentabilidade na construção civil

A construção civil é um setor econômico de expressivo crescimento na última década, com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do setor superando o

nacional. Em 2020, a receita bruta da construção civil foi de 344 bilhões de reais (IBGE, 2020). À medida que o mercado se torna mais exigente e a concorrência se torna mais intensa, produzir de forma sustentável tornou-se um diferencial competitivo. A sustentabilidade na construção civil envolve não apenas a redução do desperdício de materiais, mas também a redução de custos e insumos, o reaproveitamento e a promoção do uso inteligente dos recursos naturais na engenharia e ações que promovam o desenvolvimento econômico, regional e social. A sustentabilidade deve ser incorporada à construção civil já no conceito do projeto.

A indústria da construção tem um impacto significativo na economia de um país, portanto, pequenas mudanças em várias etapas do processo construtivo podem levar a mudanças importantes na eficiência ambiental ao mesmo tempo em que reduzem os custos operacionais de um projeto. Num mercado cada vez mais competitivo regido pelas ferramentas de comando e controle, pautado por legislações e normas e em constante aperfeiçoamento, a escolha dos materiais de construção representa uma importante área da engenharia ambientalmente responsável.

Há várias ferramentas disponíveis para ajudar as empresas a atingir suas metas relacionadas ao meio ambiente: auditorias ambientais, avaliações de ciclo de vida, estudos de impacto ambiental, sistemas de gestão ambiental, relatórios ambientais, gestão de riscos ambientais e muito mais. Alguns são específicos e outros podem ser aplicados a qualquer empresa, como os sistemas de gestão ambiental (HEUSER, 2007).

No Brasil, como em outros países, a poluição já foi tempo considerada como sinal de progresso, porém, percepção persistiu até que os problemas ambientais (poluição do ar, da água e do solo) que impactaram diretamente no ser humano se intensificaram. Algumas empresas demonstraram que é possível tornar-se capitalistas e proteger o meio ambiente mesmo que uma organização não tenha nenhum compromisso ambiental, porém, elas possuem alguma criatividade e infraestrutura para mudar ou pelo menos reduzir restrições ambientais e ameaças às oportunidades de negócios.

A construção modular pode ser utilizada para realizar diferentes tipos de projetos, desde habitações multifamiliares e horizontais, até hotéis, instalações comerciais e industriais. Os edifícios modulares não substituem completamente os edifícios tradicionais, mas constituem uma alternativa para quem procura uma construção mais rápida, flexível e sustentável.

3 ESTUDO DE CASO

O objetivo desse capítulo será abordar de maneira mais detalhada o processo e a tecnologia modular aplicada, tendo a empresa Tropic House como estudo de caso.

3.1 Construções modulares sustentáveis

Edifícios modulares e casas modulares são edifícios pré-fabricados seccionais ou casas, que consistem em várias seções chamadas módulos. "Modular" é um método de construção diferente de outros métodos. Os módulos são caixas de seis lados construídas em uma instalação remota e, em seguida, entregue ao local de uso pretendido. Usando um guindaste, os módulos são colocados na fundação do edifício e unidos para fazer um único prédio. Os módulos podem ser colocados lado a lado, de ponta a ponta ou empilhados, permitindo uma grande variedade de configurações e estilos no layout do edifício (GANIRON JR, 2014).

A construção modular é superior à de alvenaria em diversos casos. Existem alguns limites para a construção modular, mas geralmente não são encontrados em um projeto de construção comum. A construção modular é concluída em um prazo menor, diversas vezes sendo realizado na metade do tempo quando comparado com sistemas de alvenaria e concreto armado. A construção modular também é de melhor qualidade. Porque os trabalhadores da fábrica usam lasers para cortar a madeira e gabaritos para juntar as peças, a qualidade é muito consistente. A mão de obra especializada para este tipo de construção, costuma ter alta eficiência, por ser um trabalho repetitivo, aumentando as habilidades e reduzindo erros. Há pouca geração de resíduo, e nenhum material é danificado pela umidade, o que cria uma casa com muito boa qualidade do ar que é muito superior à média das casas construídas com varas (GANIRON JR, 2014).

Construções modulares, segundo Gomes et al (2013), compõe um esqueleto estrutural de aço, formado por elementos individuais que são ligados a fim de funcionar em conjunto para resistir as cargas da edificação e dando forma a esta. Mesmo o LSF e o Dry-Wall sendo visualmente parecidos, suas estruturas possuem elementos distintos. O LSF é composto por um "esqueleto estrutural", formado por painéis com perfilação leve, com espessuras nominais usualmente variando entre 0,80mm à 2,30mm e revestimento de 180g/m² para áreas não marinhas e 275g/m²

para áreas marinhas, em aço galvanizado, arquitetado com a finalidade de suportar todas as cargas da construção. Já o Dry-Wall é uma estrutura de vedação, sem função estrutural, utilizando aço galvanizado em sua sustentação, com espessura nominal de 0,50mm, com necessidade de revestimento de zinco menor do que o LSF (média mundial de 120g/m²) e necessitando de uma estrutura externa ao sistema para suportar as cargas da edificação.

A tecnologia de materiais construtivos está sempre buscando novas formas de otimizar recursos e reduzir custos de forma eficiente, sem perder funções estruturais. Segundo Hass e Martins (2011), uma casa convencional de 200m² utiliza em média 10 toneladas de metal de alta resistência unido por milhares de parafusos estruturais, o peso muito inferior de uma casa convencional com tijolos e cimento.

Freitas e Castro (2006) descrevem que as estruturas de aço são compostas por duas categorias de elementos estruturais: perfis laminados, soldados ou eletro fundidos e; perfis formados a frio. Estes perfis são obtidos através da perfilagem de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco, pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado.

A estrutura em aço galvanizado forma o esqueleto das paredes auto-portantes, ou seja, elas que sustentam a construção sem a necessidade de pilares e vigas de maiores dimensões. Tais molduras são instaladas na posição vertical, como mini pilares, e na posição horizontal, como montantes. Este esquema pode ser visto nas Figuras 3 e 4.



Figura 3: Perfil de aço galvanizado.

FONTE: Hass e Martins, 2011.

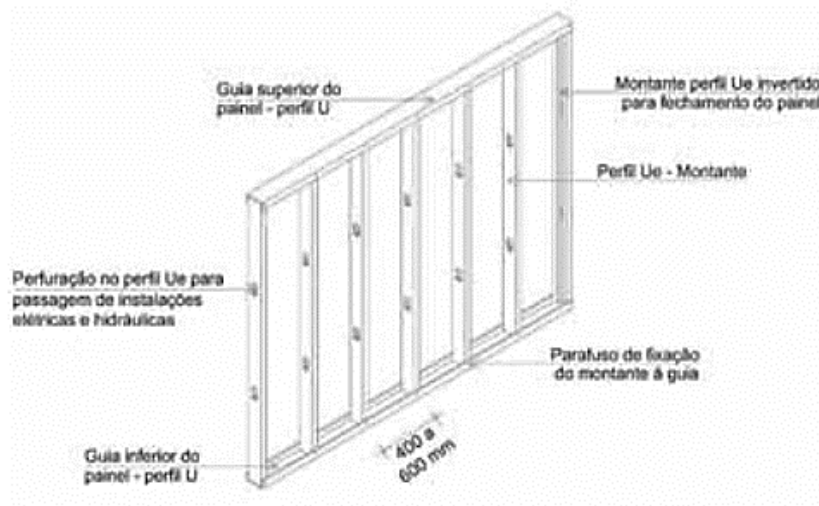


Figura 4: Painel típico em LSF.

FONTE: Freitas e Castro, 2006.

Uma casa de LSF compara-se a uma grande caixa metálica com reforço de revestimento conhecido como *Oriented Strand Board* (OSB), que vem do inglês Painel de Tiras de Madeira Orientadas. Este produto possui muita resistência mecânica, além de ser versátil, com uniformidade na sua qualidade uniforme. As placas de OSB revestem a estrutura e fornecem isolamento térmico (HASS e MARTINS, 2011). Estas placas formam o Sistema de Vedação Vertical (SVV), conforme a concepção apresentada nas Figuras 5 e 6.

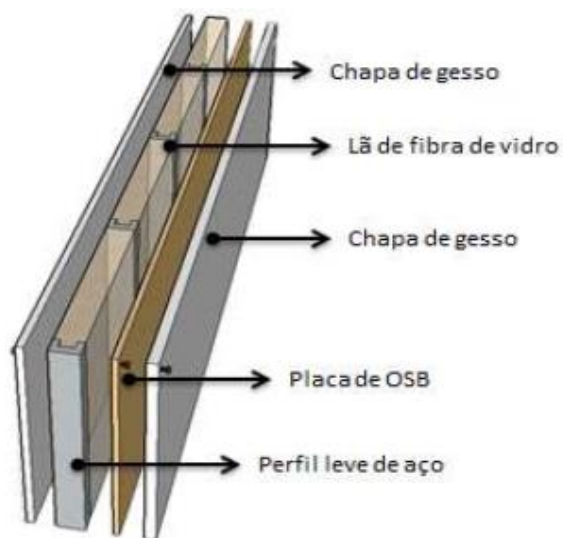


Figura 5: Exemplo de concepção do SVV com função estrutural.

FONTE: SINAT,2016.



Figura 6: Exemplo de concepção do SVV sem função estrutural.
 FONTE: SINAT,2016.

Os elementos do SVV são compostos, segundo Hass e Martins (2011) por:

- Painéis de lã de rocha: instalados na cavidade resultante do espaçamento dos perfis ou vigas e dos materiais para revestimento desses elementos. Além da lã de rocha, lã de vidro e poliuretano injetado podem ser empregados com a mesma função;
- Placas de gesso: aparafusados inteiramente sobre a estrutura metálica ou coladas a paredes de alvenaria através da massa própria. As juntas são tratadas pela aplicação de pasta de acabamento reforçada com tiras de papel ou rede;
- Painel A-M: painel pré-fabricado composto exclusivamente por gesso e fibra de vidro reforçado, com encaixe macho-fêmea, aparafusado facilmente na estrutura metálica;
- Reboco térmico: sistema de revestimento, com isolamento térmico externo. Pode ser comparado a pele da habitação e contribui definitivamente para sua eficiência energética.

3.1.1 Métodos Construtivos

Existem vários métodos construtivos para construções modulares sustentáveis, os principais são apresentados a seguir.

3.1.1.1 Método Stick

O Método Stick, conforme Freitas e Castro (2006), consiste no corte dos perfis no canteiro de obras, e os painéis, lajes, colunas contraventamentos e tesouras dos telhados são montados no local (Figura 7). Os perfis podem vir previamente perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas. Os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura. Utiliza-se esse método em locais onde a pré-fabricação não é viável. Entre as principais vantagens deste método construtivo estão:

- Não há a necessidade de o construtor possuir um local próprio para a pré-fabricação do sistema;
- Facilidade de transporte das peças até o canteiro;
- As ligações dos elementos são de fácil execução, apesar do aumento de atividades na obra.



Figura 7: LSF montado pelo método Stick.

FONTE: Freitas e Castro, 2006.

3.1.1.2 Método por painéis

Segundo Freitas e Castro (2006), a abordagem do painel consiste em painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado que podem ser pré-fabricados fora do local e montados no local (Figura 8). Os painéis são unidos no local usando técnicas tradicionais (parafusos autobrocantes e autoatarrachantes). Os autores apontam que as principais vantagens de usar esse método incluem:

- Velocidade de montagem;
- Alto controle de qualidade na produção do sistema;
- Minimizar o trabalho no local;
- Maior precisão dimensional devido às condições mais favoráveis de montagem do sistema na fábrica.



Figura 8: Elementos estruturais pré-fabricados em oficinas e levados para a montagem da estrutura.
FONTE: Freitas e Castro, 2006.

3.1.1.3 Método por módulos

A Construção Modular, de acordo com Freitas e Castro (2006), consiste em construções modulares que são unidades pré-fabricadas e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos interno como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas, hidráulicas, entre outros. Estas unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras (Figura 9).



Figura 9: Unidades modulares empilhadas na forma da construção final.

FONTE: Freitas e Castro, 2006.

Apesar de padronizados, esses módulos são altamente resistentes e podem ser instalados de diversas formas. Como resultado, as dimensões, acabamentos e arquitetura dos módulos são totalmente personalizáveis para atender a uma variedade de necessidades.

3.1.2 Etapas Construtivas

As etapas construtivas se dividem em Fundação, Estrutura perimetral inferior, pilares, estrutura perimetral superior, paredes, cobertura, caixilhos e vidros, hidráulica e elétrica, marcenaria e acabamentos.

3.1.2.1 Fundações

Em geral a montagem é sobre fundação do tipo radier, executada com isolamento hidrófugo e com alimentações elétricas e hidráulicas já instaladas. O Radier é uma fundação rasa, semelhante a uma laje ou laje que cobre toda a área da construção. Os radiadores são lajes de concreto armado em contato direto com o solo, que recebem a carga dos pilares e paredes da superestrutura e descarregam sobre uma grande área do terreno. (HASS e MARTINS, 2011).

Por ser uma estrutura leve, segundo Freitas e Castro (2006), esta estrutura exige muito menos da fundação do que estruturas convencionais. Porém, as cargas são distribuídas de forma uniforme ao longo dos painéis, conforme apresentado na Figura 10.

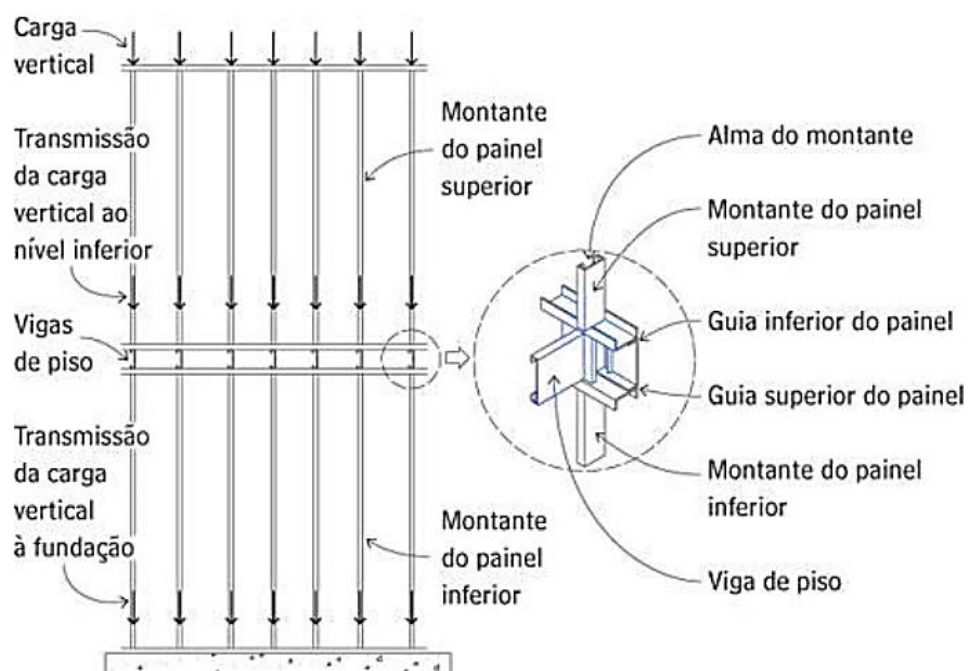


Figura 10: Transferência da carga vertical para a fundação.

FONTE: Kaminski Junior, 2006.

Kaminski Junior (2006) descreveu que, na composição de painéis, os pilares transmitem cargas verticais por meio do contato direto de seus núcleos cujas partes coincidem com a horizontal, resultando em uma estrutura alinhada. As vigas do piso, as tesouras do telhado e até as treliças devem estar alinhadas com as colunas. Caso o alinhamento não seja possível, deve-se colocar uma viga sob o painel para distribuir a carga excêntrica uniformemente nos pinos inferiores. Quanto à distância entre colunas ou modulações, costuma-se utilizar uma distância de 400 ou 600 mm, dependendo de suas necessidades.

Este tipo de modulação otimiza custo e mão de obra, permite a padronização estrutural e permite uma diversidade de componentes estruturais, de fechamento e revestimento. A estrutura dos pilares é conectada por trilhos-guia em suas extremidades inferior e superior, estes não absorvem a força nos painéis, e sua função é fixar os pilares e formar o pórtico estrutural.

3.1.2.2 Painéis

Os painéis têm a função de distribuir a carga para um maior número de elementos estruturais, afirma Hass e Martins (2011), onde são individualmente projetados para admitir pequenas parcelas de cargas, possibilitando o uso de perfis conformados em chapas finas de aço. Sua modulação é feita através da distribuição destes perfis, em geral com 400mm ou 600mm, que permite controle da utilização, bem como minimizar o desaproveitamento dos materiais, por serem totalmente industrializados. Como exemplo destes materiais, estão: fechamentos em placas cimentícias, OSB ou mesmo placas de gesso acartonado.

Segundo Kaminski Junior (2006), os componentes de fechamento dos painéis são posicionados externamente à estrutura como uma "pele" e juntamente com os perfis galvanizados vão formar as vedações verticais internas e externas da edificação. Os elementos do fechamento são constituídos por elementos leves, conciliáveis com o conceito estrutural do dimensionamento, a fim de suportar vedações de peso próprio reduzido, estes materiais são propícios a obras "secas". No Brasil são comumente comercializados produtos para o fechamento de construções em LSF, constituídos por placas ou chapas, com várias espessuras, em geral de OSB

(*Oriented Strand Board*), que é uma placa cimentícia, também são encontradas placas de gesso acartonado, material aplicado somente em estruturas internas. Em geral, o dimensionamento das placas é realizado com largura de 1,20 m, múltiplos da modulação estrutural, com a finalidade de otimizar a utilização das mesmas, possibilitando um processo produtivo mais racionalizado.

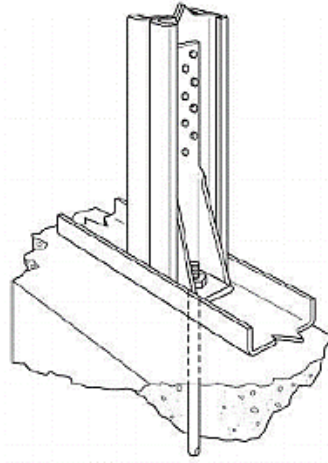


Figura 11: Esquema de fixação por chumbadores.

FONTE: Hass e Martins, 2011.

Para evitar o movimento da edificação ocasionado pela pressão do vento, a estrutura deve ser ancorada na fundação, de acordo com Freitas e Castro (2006), os movimentos causados pelo vento podem ser de translação ou tombamento. Em geral utiliza-se ancoragem química com barra rosca ou expansível com parabolts. A Figura 11 apresenta o esquema de fixação com chumbadores químicos e barra rosca.

3.1.2.3 Lajes e coberturas

De acordo com Hass e Martins (2011), a estrutura do LSF tem a finalidade de dividir as cargas entre os perfis, utilizando elementos que suportam as lajes e coberturas. Tais elementos, trabalham de forma bi-apoiada e devem, sempre que possível, transferir as cargas continuamente, sem elementos de transição até as fundações. Para isso, existem dois tipos de laje, denominadas lajes “secas” (Figura 12) e lajes “úmidas” (Figura 13).

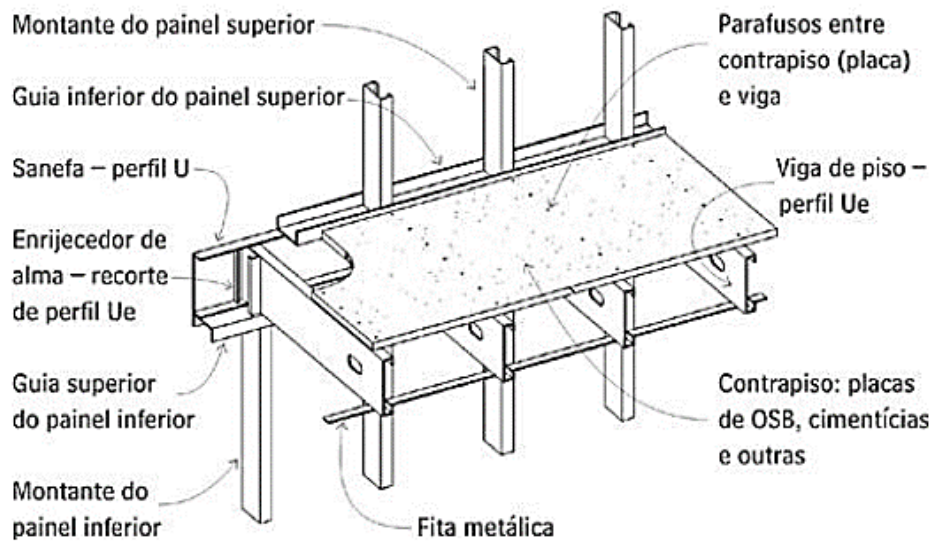


Figura 12: Esquematização de laje seca.

FONTE: Kaminski Junior, 2006.

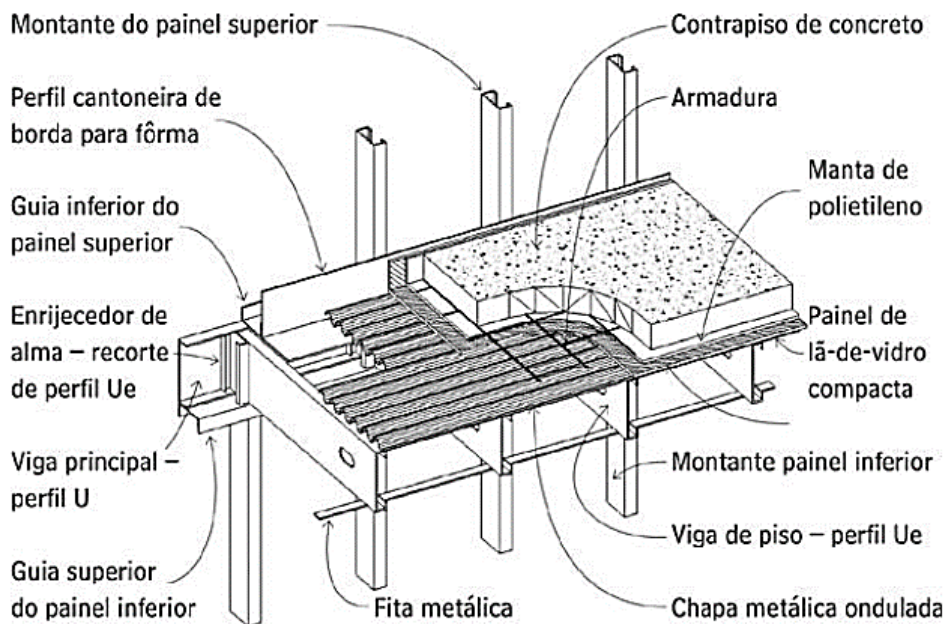


Figura 13: Esquematização de laje úmida.

FONTE: Kaminski Junior, 2006.

De acordo com Kaminski Junior (2006), na construção das lajes, parte-se do mesmo princípio utilizado nos painéis, com o uso de perfis galvanizados, dispostos na posição horizontal. Estes, obedecem à mesma modulação dos montantes. Os perfis

que compõem as vigas de piso, servem de estrutura de apoio para os materiais na formação da superfície do contra piso. As vigas de piso são apoiadas nos montantes, com a finalidade de permitir que suas almas coincidam com as almas dos montantes, mais uma vez na composição de uma estrutura alinhada. Tal disposição, garante a predominância dos esforços axiais nos elementos da estrutura. A natureza do contra piso, em lajes do tipo *steel deck*, necessita do uso de chapas metálicas onduladas aparafusadas às vigas e preenchidas com concreto, formando a base para o contra piso. Também pode ser utilizada a base do tipo seca quando placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso.

3.1.2.4 Isolamento

O Isolamento termoacústico é parte integrante dos sistemas modulares, pois, por se tratar de placas paralelas, é necessário revestir internamente este sistema. Hass e Martins (2011) afirmam que antes, o isolamento baseava-se na utilização de materiais com grande massa e espessura. Porém, com os avanços da tecnologia de materiais, tanto os produtos quanto os processos de cálculo, possibilitam a mensuração real da necessidade de isolamento e quantificação do material isolante necessário. Existem diversas maneiras de conservação energética nas construções atuais, com finalidades diversas, como: contenção de infiltrações de água e passagem de vento, evitar penetração e formação de umidade, adequação de projetos de circulação de ar na edificação, ou mesmo redução da perda térmica entre os meios interno e externo. Entre os principais sistemas de isolamento, o autor destaca:

- Barreira de água e vento;
- Barreira de vapor;
- Áticos ventilados;
- Isolantes térmicos;
- Seladores;
- Acondicionamento acústico.

3.2 A empresa Tropic House

A Tropic House surgiu com o intuito de revolucionar o mercado imobiliário brasileiro, e é resultado de mais de 25 anos de experiência em arquitetura somados a uma visão global. Com zero desperdício na sua execução, tempo recorde e o melhor custo-benefício, é resposta às necessidades que o brasileiro tem hoje em decorrência de uma insatisfação com as técnicas de construção civil, com o gasto absurdo e sem fim para se ter uma casa e o desrespeito com o desperdício das matérias.

3.2.1 Histórico

A Tropic House é a primeira empresa Brasileira de tecnologia em edificações modulares que trabalha com o planejamento e construção de chalés sustentáveis e de alto padrão. A empresa foi fundada início de 2020, por Nicolas Ballesteros Cunha e Guilherme Senra do Valle, a partir de uma visita ao Marrocos realizada por Nicolas, atual CEO e o conhecimento prévio de Guilherme com estruturas metálicas.

Nicolas é um jovem que sempre teve muita vontade de empreender. Trabalha desde os 14 anos com design gráfico, eventos e fotografia, e ainda na adolescência começou a viajar ao exterior (Portugal, França, Peru, Chile, China, África do Sul, Marrocos, Argentina, Tailândia, México, Canadá entre outros países), de onde trouxe várias ideias que poderiam servir para novos negócios no país. No final de 2019, achou que tinha encontrado seu negócio – um doce tailandês delicioso e desconhecido pelos brasileiros.

Pensou em montar uma franquia e entrou em contato com Guilherme, conhecido de outro empreendimento, para começar a estruturar lojas e/ou quiosques. Arquiteto há 30 anos, Guilherme sempre trabalhou com estrutura metálica e arquitetura nos mais diversos segmentos: comercial, residencial e corporativo. Muito interessado na ideia de um novo negócio e já conhecido de Nicolas de outras datas, deu andamento nas conversas, a qual por fim evoluiu para um segundo negócio, o de casas pré-fabricadas ainda não amplamente falado no Brasil.

3.2.2 Operação

Construções modulares não necessariamente precisam sair prontas de alguma fábrica, podendo também serem construídas no próprio terreno do interessado, sendo esta a forma que a Tropic House opera até o momento e na escala em que se encontra a operação. Devido à infraestrutura subdesenvolvida do Brasil, é muito vantajosa a construção in loco, reduzindo riscos logísticos e possibilitando a construção em qualquer terreno do país.

Os projetos são divididos em: Fundação, estrutura, vedação, infraestrutura elétrica e hidráulica, e acabamentos. A empresa faz a implantação de diversos projetos de forma simultânea, através de softwares de arquitetura especializados no controle de cronograma, planejamento estratégico, compras, listagem de material e gestão de tarefas, possibilitando uma visão macro do operacional da empresa aos gestores.

Muito além de oferecer um produto sustentável e visualmente agradável, a Tropic House busca ser disruptiva com os problemas comuns à uma construção convencional, como o desperdício de material pelo não conhecimento da totalidade dos materiais a serem utilizados, o preço em aberto que leva a diversos casos de interrupção dos projetos, a não previsibilidade de finalização ou estendidos períodos de obra, o dano ao meio ambiente e até a burocracia na aquisição de um imóvel, todos estes problemas existentes na indústria da construção civil brasileira.

O processo de estruturação e profissionalização da empresa conforme o crescimento vem se mostrando desafiador, afinal, como ofertar um produto de qualidade, a um preço baixo, em tempo recorde e com toda flexibilidade que a construção convencional não apresenta? Essa é a grande questão em torno do desenvolvimento da empresa. Manter os custos de produção baixos, mas sem comprometer os outros objetivos como qualidade, confiabilidade e a velocidade, a fim de atender as necessidades do consumidor e a missão da empresa.

Desde a sua concepção, a Tropic House prospectou aproximadamente R\$50.000.000 de reais em interessados e obteve um faturamento bruto de aproximadamente R\$1.000.000 no primeiro um ano e seis meses de operação, tendo um crescimento médio total de 500% desde sua concepção com receita de R\$2.552.000 somente no ano de 2022, montante esse quatro vezes superior ao de

2021. A empresa possui atualmente seis produtos em portfólio disponível para aquisição e aproximadamente vinte funcionários trabalhando por construção.



Figura 14: Tropic House 84.

FONTE: Tropic House, 2022.

Desconsiderando a mão de obra de execução dos projetos, que por si só é um desafio para atender clientes em diversas localidades e ter um planejamento estratégico de alto rendimento, o quadro organizacional da empresa ainda gira em torno dos sócios, sem uma divisão firme de funções pela inexistência de um time já devidamente estruturado, criando, portanto, uma interdependência muito grande e uma sobrecarga de trabalho expressiva em ambos os sócios.

Dado o cenário, a busca por uma estruturação que delegue algumas das funções de áreas-chaves como as do financeiro/contábil, do operacional e jurídico, bem como realizar ações que as estruturam propriamente e permita a escala em que a empresa está direcionada, são metas da organização para os próximos anos, bem como a estruturação de múltiplas equipes para atuações simultâneas em locais diferentes.

3.3 O mercado da construção modular sustentável

O déficit habitacional é um problema nas grandes cidades, como mostrado no decorrer deste trabalho. É sabido que as residências de baixa renda, principalmente na periferia das grandes cidades, as construções são construídas em sua maioria de forma artesanal, com tijolos e cimento.

Este tipo de construção gera muito desperdício de recursos naturais, principalmente a água, além da alta geração de resíduos de obras, bem como o

desperdício de materiais. Visando reduzir este problema, surge a alternativa das construções modulares.

Com o intuito de incentivar o uso desta tecnologia, o Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), em parceria com a Caixa Econômica Federal lançaram no Congresso latino-americano Steel Frame, em 2015 um programa de financiamento de edificações em Light Steel Frame. Segundo o CBCA, a maior barreira para o uso de construções modulares é cultural, com a aceitação do usuário. Para melhorar esta aceitação, o CBCA investe em treinamentos e divulgação, a fim de explicar para o usuário a viabilidade do LSF (CBCA, 2016).

Vários fatores determinam se o mercado provavelmente adotará esse método. Para modularizar o sistema de forma sistemática, as três principais soluções são: (i) demanda imobiliária, em condições econômicas favoráveis para o setor imobiliário, devido à escassez, pode haver pressão para aumento de custos e prolongamento do prazo de entrega dos projetos, materiais e equipamentos, (ii) a disponibilidade de cadeias produtivas em sistemas industrializados e (iii) o custo relativo da mão de obra qualificada na construção. Em metrópoles como São Paulo e Rio de Janeiro, a escassez e o aumento de mão de obra para a execução da construção tradicional, o aquecimento do setor imobiliário e a interseção da demanda por obras de engenharia de grande porte tornam esse modelo particularmente atraente (BERTRAM et al, 2019).

Ainda hoje, em alguns países, a construção modular é considerada desconhecida. No entanto, há indícios de que esta poderia ser uma ruptura verdadeiramente massiva, que poderia ter benefícios de tempo e custo se inserida de forma mais ampla e adequada. Gomes et al (2013) afirma que o uso de construções modulares reduz no mínimo 5% dos desperdícios em obra, possui menor tempo de execução, facilidade na modulação de execução e possibilita o uso de elementos construtivos não-convencionais em placa de fechamento. Porém, um dos grandes empecilhos nas moradias populares é que este processo necessita que haja um processo de projeto, prática pouco tradicional na construção civil, principalmente para moradores de baixa renda.

Dino (2018), afirma que em uma unidade habitacional construída com estruturas de concreto, com fechamentos de tijolos/blocos de alvenaria estrutural, possui um custo de R\$ 84.117,45, em comparação com o Steel Frame, que custa R\$

90.398,22 a unidade, uma diferença de 7%, mesmo com a redução no tempo de construção em 1/3.

Já Miranda e Zamboni (2016), em outro estudo realizaram o levantamento de custos para uma casa simples – dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro. Neste levantamento, incluindo os diversos itens envolvidos na construção de uma residência, verificou-se um custo total para residências modulares 13,89% superior às construções em alvenaria convencional.

Meirelles e Dinis (2012) afirmam que, devido a viabilidade deste sistema em construções de até 5 pavimentos, o sistema possui grande potencial no campo da habitação social, em locais com maior densidade habitacional, com áreas menores em locais de centralidade, além da alta qualidade construtiva final, devido ao processo industrializado.

Segundo Campos e Souza (2010), pessoas de médio e alto padrão possuem maior acessibilidade e aceitabilidade a este tipo de construção. A aceitabilidade em geral está relacionada ao maior grau de instrução desta parcela da população.

Programas como o Minha Casa Minha Vida, segundo Milan et al (2011), com metas de grandes quantidades de moradias pelo país, já utilizam esta tecnologia como forma de ganhar escala construtiva, bem como a manutenção de altos padrões construtivos ao menor custo possível. De modo a aplicar o princípio da administração pública da eficiência, presente no art. 37 da Constituição Federal.

Este sistema construtivo, foi adotado pelo Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), através do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), e é especificado nas diretrizes de números: 009, 009-B, 014-B, 015, 016 e 030 (PBQP-H, 2019).

Segundo Oliveira (2020), de 2015 a 2018, a participação no mercado de construção modular permanente na América do Norte cresceu 50%, segundo a McKinsey. Um aumento de 77% desde 2013. Uma nova geração de players surgiu e está liderando uma verdadeira revolução em direção à construção modular.

Apesar de já serem comuns em algumas partes do mundo, especialmente em países da Europa e da América do Norte, as casas em formatos de módulos ou pré-fabricadas vêm ganhando adeptos no Brasil, especialmente em áreas rurais. Um levantamento realizado pela empresa indiana Markets and Markets (2020), que realiza pesquisa de mercado, revelou que a construção modular segue em alta em todo o

mundo e projetou uma taxa de 5,75% de crescimento anual desse modelo construtivo até 2025.

Neste mesmo estudo, o Brasil aparece ao lado da China e do Japão como os países com mais oportunidades para a construção modular se desenvolver. Um dos motivos que colocaram o Brasil no topo dessa lista é o déficit habitacional do país, hoje em torno de 6 milhões de moradias. Outro fator importante é a demanda por construções eficientes e em prazos mais curtos. Destaca-se ainda que fatores como a falta de conscientização e volatilidade de tarifas de transporte podem interferir negativamente no mercado.

Na Figura 15 pode-se observar a estimativa de crescimento do mercado modular. Em 2020 estimava-se em US\$ 82,3 bilhões e sugere-se que até 2025 chegue a US\$ 108,8 bilhões, com um CARG (*Compound Annual Growth Rate*) de 5,75%. Este aumento é relacionado a maior preocupação com a segurança na zona de trabalho e a necessidade de menores impactos ambientais.



Figura 15: Oportunidades atraentes no mercado de construção modular

FONTE: Markets & Markets, 2020.

O estudo realizado por indiana Markets and Markets (2020), também estima perspectivas para o mercado de construção modular de 2020 a 2025. Afirma-se que o segmento de saúde é projetado para ser o setor de uso final de crescimento mais

rápido no mercado de construção modular, pois esta opção oferece aplicações silenciosas, seguras e limpas para o uso médico, cirúrgico, clínico e odontológico. Todos os requisitos para edifícios de saúde, tais como novas clínicas de reabilitação, salas de emergência, sala de cirurgia, extensões de hospitais, laboratórios, centros de diagnósticos ou outras instalações médicas) que podem ser entregues em 50% menos tempo com a ajuda de edifícios modulares. Essas técnicas também podem ser usadas para fornecer instalações personalizadas com orçamentos mínimos, além de manter as especificações médicas e estéticas rigorosas.

A aplicação comercial demonstra ser responsável pela maior participação de mercado durante o período de previsão. A Figura 16, ilustra a alta demanda de aplicações comerciais por região do mundo. Em termos de valor e volume, estima-se que a região Ásia-Pacífico crescerá no CAGR mais alto no período de 2020 a 2025, determinado por fatores de pronta disponibilidade de matérias-primas, mão de obra qualificada e inovações tecnológicas sofisticadas.



Figura 16: Mercado de construção modular, por região (US\$ BILHÕES)

FONTE: Markets & Markets, 2020.

A construção modular nos mercados europeu e norte-americano tem o potencial de gerar economias anuais de até US\$ 22 bilhões, e há motivos para acreditar que o atual renascimento pode ser diferente. A indústria está adotando novos materiais mais leves, bem como tecnologias digitais que aprimoram as

capacidades e a variabilidade do projeto, melhoram a precisão e a produtividade na fabricação e facilitam a logística (BERTRAM et al, 2019).

Com base nos dados apresentados, pode-se observar que a previsão de crescimento do mercado é de US\$ 26,3 bilhões de 2020 a 2025 e espera-se registrar um novo CAGR alto. No entanto, esse mercado foi impactado negativamente durante o COVID-19 em 2020. Considerando a situação de pandemia, a paralisação temporária das atividades da construção civil durante o lockdown resultou na redução de obras modulares em diversos setores. No entanto, durante o pico da epidemia, a demanda por hospitais e leitos hospitalares aumentou significativamente, afetando a construção modular, que exigia um tempo menor de conclusão.

Por fim, a crescente demanda da indústria de construção nos países da Ásia-Pacífico, juntamente com a eficiência de tempo e custo do trabalho de construção modular com menos defeitos e retrabalho necessário, impulsionará o crescimento do mercado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante décadas, a construção civil ficou atrás de outros setores em produtividade. A construção modular oferece à indústria uma oportunidade de fazer uma mudança radical: mudar diversos aspectos da atividade ao trazer o tempo reduzido que confere agilidade para a equação, a tecnologia no processo pré-construtivo, nos materiais e no método construtivo, a sustentabilidade do início ao fim e um custo-benefício inigualável aos métodos tradicionais.

Em termos gerais, a construção modular envolve a produção de componentes padronizados de uma estrutura em uma fábrica externa e, em seguida, montá-los no local, ou ainda, como no caso da empresa Tropic House, poucas logísticas com cargas calculadas para montagem in loco. Termos como “construção fora do local”, “pré-fabricação” e “construção modular” são usados de forma intercambiável. Esses termos abrangem uma variedade de abordagens e sistemas diferentes, desde elementos únicos que são unidos usando conexões e interfaces padrão até unidades volumétricas 3D com acessórios completos.

A construção modular tem sido uma opção econômica em certos pontos históricos, mas sua popularidade durou pouco quando concebida inicialmente. Desfrutou de booms pós-guerra no Reino Unido e nos Estados Unidos, quando havia necessidade de reconstrução rápida e habitação social, quando as fábricas de guerra estavam vazias e quando havia escassez de aço e mão de obra.

Hoje, a construção modular está passando por uma nova onda de atenção e investimento, tendo renovado seu poder de permanência com uma qualidade estética e técnica altamente superior. O amadurecimento das tecnologias envolvidas, das ferramentas digitais e a evolução da arquitetura e engenharia per si, mudaram drasticamente a proposta e o resultado das construções modulares.

Infere-se, porém, que a Construção Modular apresenta alguns desafios para poder se estabelecer como um método construtivo consistente no mercado da construção civil brasileira. Uma delas é a dificuldade de deslocamento no método por módulos ou até mesmo de produção in loco com cargas grandes sendo transportadas que esbarram em diversas limitações no transporte por algumas regiões do Brasil, necessitando de uma análise criteriosa de viabilidade acerca da operação de logística que precisa ser realizada considerando os obstáculos que deverão ser vencidos até a chegada e montagem na obra. Outro desafio é a necessidade de uma mão de obra

especializada. A indústria precisa treinar uma equipe para produzir, transportar e instalar os Módulos ou fazer a montagem de forma inteligente, obedecendo a todas as regras de segurança e garantindo o padrão de qualidade de cada um dos elementos da construção off site ou in site. Por se tratar de uma construção que difere da construção tradicional, há pouca mão de obra com as qualificações necessárias, conferindo à indústria a responsabilidade e necessidade de padronizar os processos, montar e treinar as equipes. Por fim, um desafio de maior presença na Construção Modular, é a falta de conhecimento sobre o assunto, gerando assim um pré-conceito equivocado sobre o Modular questionando características construtivas como os isolamentos, a resistência, o conforto e até mesmo a possibilidade real de uma construção segura, utilizando-se esse processo. Tendo como parâmetro essa observação, é importante a ênfase na disseminação da tecnologia e os benefícios envolvidos, em um modelo de negócios que é um oceano de oportunidades.

Analisadas as informações coletadas, por meio da pesquisa bibliográfica, inferiu-se que este método de construção permite solucionar particularidades que envolvem a construção convencional. Nesse processo construtivo, ao se transferir grande parte do trabalho do canteiro para um ambiente industrial ou tendo a produção como um todo pré-planejada, tem-se um melhor controle técnico dos processos, mais controle nas etapas construtivas, e com um menor impacto climático, podendo-se ter uma produtividade maior e um retrabalho quase inexistente além de possuir mínima implicação ambiental, pelo zero uso de água, cálculo prévio de material e realização de logísticas eficientes. Tudo isto contribui para uma maior assertividade na entrega e no cumprimento dos prazos contratuais, bem como no propósito da construção modular como um todo, sendo essas só algumas das razões de ser um método construtivo adotado por clientes que querem uma obra enxuta, rápida, sustentável e eficaz.

Concluimos que a construção modular (ou pré-fabricada) não é um conceito novo, mas melhorias tecnológicas, demandas econômicas e mudanças de mentalidade tem atraído uma onda de interesse e investimento sem precedentes. Conforme descrito neste trabalho, o modelo é rápido de ser executado se seguido as técnicas específicas e confere enormes vantagens de ser construído, sendo também fortemente atrativo para que ocorra uma adoção em nível institucional das grandes corporações no decorrer do tempo.

Esta pesquisa tem oportunidade de continuidade em vários campos de estudos, uma vez que devido ao método construtivo ser relativamente novo no Brasil, este mercado se inova e expande a todo momento, sendo cabível estudos para Engenharia, Administração, Negócios, Economia e outras áreas correlatadas. Sugere-se o aprofundamento nas áreas supracitadas, principalmente como oportunidade para o desenvolvimento social, econômico e sustentável em todo o país.

REFERÊNCIAS

AMATO NETO, J. **A era do ecobusiness: criando negócios sustentáveis**. Barueri, SP: Manole, 2015.

BARRA B. N.; PASCHARELLI L. C.; RENÓFIO A. **O ecodesign como ferramenta de auxílio na gestão de resíduos de construção e demolição (RCD)**. Anais XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, nov. 2006. Disponível em: <https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/214.pdf>. Acesso em 20 set. 2022.

BERTRAM, Nick et al. **Modular construction: From projects to products**. McKinsey & Company, EUA, 18 jun. 2019. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>. Acesso em: 8 nov. 2022.

BOTTA, E. N. N.; DONADONE, J. C. Consultorias em Sustentabilidade: polarizações e representatividades de um mercado crescente. **Gestão & Produção**, v. 21, p. 719-731, 2014.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Construção civil tem o melhor resultado no mercado de trabalho formal dos últimos 10 anos**. Agência CBIC, 28. Jul. 2022. Disponível em: <<https://cbic.org.br/construcao-civil-tem-o-melhor-resultado-no-mercado-de-trabalho-formal-dos-ultimos-10-anos/>>. Acesso em 29 set. 2022.

CAMPOS, H. C.; SOUZA, H. A. **Avaliação pós-ocupação de edificações estruturadas em aço, focando edificações em light steel framing**. CONSTRUMETAL – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica. São Paulo: Agosto, 2010

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO - CBCA. **Sistema financeiro e o financiamento de edificações em Light Steel Frame**. Revista Congresso Latinoamericano Steel Frame, 2016. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=7173>>. Acesso em 27 out. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307 de 05/07/2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

DICIONÁRIO MICHAELIS. **INOVAR**. 2022. Disponível em: < <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/inovar/>>. Acesso em 30 out. 2022.

DINO, D. **Porque seu negócio deve ser sustentável**. Exame PME, 2013. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/pme/por-que-seu-negocio-deve-ser-sustentavel/> >. Acesso em 25 out. 2022.

FREIRE, A. J. N. **A arquitetura como espaço modular: forma, tipologia, sustentabilidade, flexibilidade, projeto**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2010.

FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. **Steel framing: arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

FURTADO, B. A.; LIMA NETO, V. C.; KRAUSE, C. **Estimativas do déficit habitacional brasileiro (2007-2011) por municípios (2010)**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Nota técnica. Brasília: IPEA, 2013.

GANIRON JR, Tomas U.; ALMARWAE, Mohammed. Prefabricated technology in a modular house. **International Journal of Advanced Science and Technology**, v. 73, p. 51-74, 2014.

GAVRAS, D. **Déficit habitacional é recorde no País**. O estado de São Paulo. São Paulo: Estadão, 2019. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,deficit-habitacional-e-recorde-no-pais,70002669433>>. Acesso em 27 set. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

GINSBERG, Jill Meredith; BLOOM, Paul N. Choosing the right green marketing strategy. **MIT Sloan management review**, v. 46, n. 1, p. 79-84, 2004.

GOMES, C. E. M.; VIVAN, A. L.; SICHIERI, E.; PALIARI, J. **Light Steel Frame na produção de moradias no Brasil**. In: IX Congresso de Construção Metálica e Mista e I Congresso Luso-Brasileiro de Construção Metálica Sustentável, Porto, Portugal. 2013.

GOMES, V. **O cenário da construção civil para 2022**. Diário do Comércio, 25. Set. 2021. Disponível em: < <https://diariodocomercio.com.br/opiniaio/o-cenario-da-construcao-civil-para-2022/>>. Acesso em 29 set. 2022.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações sociais**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção - 2020**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 28 set. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PIB varia 7,5 e fica em 3,6 trilhões**. 03 mar. 2011. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13983-asi-em-2010-pib-varia-75-e-fica-em-r-3675-trilhoes>>. Acesso em: 28 set. 2021.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - CIB. Agenda 21 for sustainable construction in developing countries. **CSIR Report BOU E**, v. 204, p. 2-5, 2002.

JORGE, L. P.; RAVACHE, R. L. Construção modular pré-fabricada, o futuro da arquitetura no Brasil. **Connection Line-Revista Eletrônica do UNIVAG**, n. 24, 2021.

KAMINSKI JUNIOR, J. **Construções de light steel frame**. Universidade Federal de Santa Maria, Sistemas estruturais e tecnologia da construção. Santa Maria, RS: UFSM, 2006. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf>. Acesso em 27 out. 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2003.

MARKETS AND MARKETS (India). Modular construction Market by type (permanent, relocatable), material (steel, concrete, wood), modules, end-use (residential, retail & commercial, education, healthcare, office, hospitaluty), and region: Global forecast to 2025. In: **MARKETS AND MARKETS (India) (org.). Market share gain**. EUA, Jul. 2020. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/modular-construction-market-11812894.html>. Acesso em: 08 nov. 2022.

MILAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; DOS REIS, Z. C. **A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais**. Revista Gestão Industrial, v. 7, n. 1, 2011.

MILAN, G. S.; NOVELLO, R. V.; DOS REIS, Z. C. **A viabilidade do sistema light steel frame para construções residenciais**. Revista Gestão Industrial, v. 7, n. 1, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Consumo sustentável: Manual de educação**. Brasília: IDEC, 2005.

MIRANDA, D.; ZAMBONI, L. R. **Estudo comparativo entre o sistema construtivo Light Steel Frame e o sistema de alvenaria convencional em casas populares**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016.

MISHRA, D. K. Green Banking: Comparing Environmental Sustainability with Socially Responsible Investments. **International Journal of Biological Sciences and Engineering**, v. 6, n. 01, p. 24-30, 2015.

OLIVEIRA, Paulo. Construção modular: Uma visão sobre conceitos, sistemas construtivos e barreiras à industrialização da construção. 1. ed. On-line: [s. n.], 2020. 27 p. v. 1. Disponível em: <https://brasilviavel.com.br/EbookConstru%C3%A7%C3%A3oModular.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2022.

PINTO, Tarcísio de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

POJASEK, R. B. A framework for business sustainability. **Environmental Quality Management**, v. 17, n. 2, p. 81, 2007.

PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT – PBQP-H. **Sistema Nacional de Avaliações técnicas – SINAT**. Ministérios das Cidades, 2019. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php>. Acesso em 20 out. 2022.

ROCHA, J. C., JOHN, V. M. **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre 2003. Coletânea HABITARE Volume 4.

SILVA Filho, C. R. V.; SOLER, F. D. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei**. São Paulo: Trevisan Editora Universitária, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS – SINAT. **Diretriz SINAT Nº 003 - Sistemas Construtivos em Perfis Leves de Aço Conformados a Frio, com Fechamento em Chapas Delgadas (sistema leves tipo “Light Steel Framing)**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional da Habitação, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT). Brasília: SINAT, 2016.

SOUZA, U. E. L.; DEANA, D. F. **Levantamento do estado da arte: Consumo de materiais**. São Paulo: FINESP, 2007.

TAVARES, V.; LACERDA, N.; FREIRE, F. Embodied energy and greenhouse gas emissions analysis of a prefabricated modular house: The “Moby” case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 1044-1053, 2019.

TEMPLE, S. **Old issue, new urgency?** Wisconsin Environmental Dimension, Madison, v.1, Issue 1, p.1-28, Spring 1992.

UNITED NATIONS OFFICE ON DRUGS AND CRIME - UNODC. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Organização das Nações Unidas, 2022. Disponível em: < <https://www.unodc.org/lpo-brazil/pt/crime/embaixadores-da-juventude/conhea-mais/a-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentvel.html#:~:text=A%20Agenda%202030%20afirma%20que,n%C3%A3o%20dixar%20ningu%C3%A9m%20para%20tr%C3%A1s.>>. Acesso em 29 set. 2022.

VIEIRA, B. A.; NOGUEIRA, L. Construção civil: crescimento versus custos de produção civil, **Sistemas & Gestão**, vol. 13, n. 3, pp. 366-377, 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANATTA, B. **Com apelo sustentável e ecológico, construção modular ganha mais espaço no Brasil.** O Estado de São Paulo, 14 set. 2021. Disponível em: < <https://imoveis.estadao.com.br/geral/com-apelo-sustentavel-e-ecologico-construcao-modular-ganha-mais-espaco-no-brasil/>>. Acesso em 27 set. 2022.

ZUINI, P. **Porque seu negócio deve ser sustentável.** Exame PME, 2013. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/pme/por-que-seu-negocio-deve-ser-sustentavel/>>. Acesso em 05 set. 2022.