

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção

Isadora Dias dos Santos

**CONSTRUÇÃO MODULAR: conceitos projetuais e diversidade, um meio
produtivo para racionalização na construção**

Belo Horizonte
2024

Isadora Dias dos Santos

CONSTRUÇÃO MODULAR: conceitos projetuais e diversidade, um meio produtivo para racionalização na construção

Monografia de especialização apresentada à Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Construção Civil.

Área: Gestão e produção do ambiente construído

Orientador(a): Aldo Giuntini de Magalhães.

Belo Horizonte
2024

S237c

Santos, Isadora Dias dos.

Construção modular [recurso eletrônico] : conceitos projetuais e diversidade, um meio produtivo para racionalização na construção / Isadora Dias dos Santos. – 2024.

1 recurso online (40 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f. 38-40.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Construção civil – Inovações tecnológicas. 3. Projeto arquitetônico – Metodologia. 4. Coordenação modular (Arquitetura). 5. Construção modular. I. Magalhães, Aldo Giuntini de. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: ISADORA DIAS DOS SANTOS

MATRÍCULA: 2023671960

RESULTADO

Aos 29 dias do mês de fevereiro de 2024 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:
"CONSTRUÇÃO MODULAR: CONCEITOS PROJETUAIS E DIVERSIDADE, UM MEIO PRODUTIVO PARA RACIONALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO"

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 84

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Aldo Giuntini de Magalhães

Documento assinado digitalmente
gov.br ALDO GIUNTINI DE MAGALHÃES
Data: 20/02/2024 16:19:56 -0300
Verifique em <https://weflar.ufmg.br>

Nome

Prof. Dr. Danielle Meireles de Oliveira

Assinatura
Danielle Meireles de Oliveira:04897576695
Assinado de forma digital por
Danielle Meireles de
Oliveira:04897576695
Dados: 2024.02.29 17:02:52 -0300

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "TECNOLOGIA E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO"

Belo Horizonte, 29 de fevereiro de 2024

Antônio Neves
de Carvalho
Júnior
Assinado de forma digital
por Antônio Neves de
Carvalho Júnior
Dados: 2024.03.04
18:25:45 -0300

Coordenador do Curso

RESUMO

A construção modular é ampla e dinâmica, com o método é possível obter diversas tipologias de projetos arquitetônicos que propiciam melhor desempenho dentro da construção. A ideia principal da construção modular é vista como um processo em que módulos são propriamente produzidos em um espaço físico e levados ao destino final, onde é realizada a montagem e os reparos necessários, mas na verdade, os conceitos sobre modularização vão além. O presente trabalho propõe uma abordagem conceitual e técnica das diferentes possibilidades e caminhos para produzir projetos que tem como objetivo o uso da modularização, uma vez que, vive-se atualmente uma era em que é indispensável propor métodos de edificar que tragam mais desempenho no processo executivo dentro dos canteiros de obra, principalmente na contribuição com o meio ambiente no quesito da prática sustentável. A modularização traz muitas vantagens com relação a produtividade e ergonomia, além das grandes potencialidades com relação a criatividade. O objetivo deste trabalho é esclarecer a eficiência da modularização e suas principais características, visando contextualizar todos os atributos para projeto e construção. A abordagem da pesquisa se deu através de referências bibliográficas por meio exploratório, dando ênfase nas principais metodologias da modularização, para então concluir que construção modular é um meio amplo e de muitos benefícios, com potencialidades que mesclam materiais, sistemas construtivos, técnicas, tecnologia, em prol da racionalização na construção.

Palavras-chave: Modularização; Projeto; Racionalização; Produtividade; Construção; Materiais.

ABSTRACT

Modular construction is broad and dynamic, with the method it is possible to obtain different types of architectural projects that provide better performance within the construction. The main idea of modular construction is seen as a process in which modules are properly produced in a physical space and taken to the final destination, where the necessary assembly and repairs are carried out, but in fact, the concepts about modularization go further. The present work proposes a conceptual and technical approach to the different possibilities and paths to produce projects that aim to use modularization, since we are currently living in an era in which it is essential to propose building methods that bring more performance to the process. executive within construction sites, mainly in contributing to the environment in terms of sustainable practice. Modularization brings many advantages in terms of productivity and ergonomics, in addition to great potential in terms of creativity. The objective of this work is to clarify the efficiency of modularization and its main characteristics, aiming to contextualize all attributes for design and construction. The research approach was based on bibliographical references through exploratory means, placing emphasis on the main methodologies of modularization, and then concluding that modular construction is a broad means with many benefits, with potential that combines materials, construction systems, techniques, technology, in favor of rationalization in construction.

Keywords: Modularization; Project; Rationalization; Construction; Productivity; Materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema Domino Le Corbusier, 1914.....	12
Figura 2- Unidade de habitação, 1952 - Marselha, França.....	13
Figura 3 - Edifício <i>Nagakin Capsule Tower</i> , 1972	14
Figura 4 - <i>Layout</i> Edifício <i>Nagakin Capsule Tower</i>	15
Figura 5 - Conjunto habitacional, Samaritá, SP.....	16
Figura 6 - Conjunto habitacional, Heliópolis, SP	16
Figura 7 - Escola <i>Lady Liberty Academy Charter School</i> , 2014, EUA	18
Figura 8 - Transporte dos módulos e pré-fabricados da escola.....	18
Figura 9 - Perspectiva do sistema construtivo.....	19
Figura 10 - Edifício Administrativo da Universidade FPT, 2017, Vietnã.....	19
Figura 11 - Conceito do Edifício Administrativo da Universidade FPT.....	20
Figura 12 - Os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	21
Figura 13 - Medida real e nominal.....	23
Figura 14 - Comparativo de paginação de piso.....	24
Figura 15 - Paineis em concreto pré-fabricado.....	25
Figura 16 - Módulos dispostos em chão de fábrica.....	25
Figura 17 - Lojas em contêineres.....	26
Figura 18 - Casa germinada com painéis pré-fabricados.....	26
Figura 19 - Revestimento em placas ACM.....	27
Figura 20 - Construção em perfis estruturais metálicos.....	27
Figura 21 - Sistema <i>Steel Frame</i> - estrutura em aço galvanizado.....	28
Figura 22 - Paredes externas do sistema <i>Steel frame</i>	28
Figura 23 - Paredes internas do <i>Steel Frame</i>	28
Figura 24 - Laje <i>Steel Frame</i>	29
Figura 25 - Estrutura em <i>Wood Frame</i>	30
Figura 26 - Estrutura de paredes do <i>Wood Frame</i>	30
Figura 27 - Edifício <i>Clement Canopy</i> 2019.....	34
Figura 28 - Içamento dos módulos durante a execução do edifício.....	35
Figura 29 - Módulos em fábrica	35
Figura 30 - Transporte dos módulos.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
1.1 Objetivo Geral.....	09
1.2 Objetivos Específicos.....	09
1.3 Metodologia	09
2 CONCEITO E FATOS HISTÓRICOS	11
2.1 Construção modular – diversidade.....	16
2.1.1 <i>Práticas sustentáveis</i>	20
2.2 Coordenação Modular.....	22
2.2.1 <i>Projetos modulares – bidimensional</i>	24
2.2.2 <i>Projetos modulares – tridimensional</i>	25
3 MATERIAIS E TECNOLOGIA	26
3.1 Steel Frame e Wood Frame.....	27
3.2 Mão de obra – efeitos atuais.....	32
3.3 Construção off-site.....	33
3.3.1 <i>Edifício Clement Canopy</i>	34
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A construção modular é proveniente de conceitos contextuais e projetuais introduzidos ao longo do tempo no meio da arquitetura e da engenharia. Com o passar dos anos, foram presenciadas muitas inovações tecnológicas no meio da construção, e o construir de forma modular se mostra no mercado atual com muita relevância. A construção modular é um meio para trazer recursos de produtividade e desempenho nos projetos e obras. Ao combinar projetos modulares e o uso de materiais que possuem produtividade para a execução, esses são fatores que propiciam rapidez, ergonomia e vantagens que beneficiam todo o processo na construção.

A prática sustentável também é uma questão em pauta para enfatizar o pensar mais na modularização, sabe-se que a construção de modo geral é responsável pela produção de entulhos, resíduos sólidos, dentre outros usos da matéria prima que colabora com efeitos negativos para com o meio ambiente, dessa forma é indispensável propor meios que, através de um projeto coerente e assertivo, seja introduzido processos construtivos para maior racionalização na construção, utilizando-se das tecnologias e materiais que potencializam a modularização nos projetos.

A diversidade e funcionalidade nos projetos arquitetônicos modulares são muitas, e as características e finalidades dependem do objetivo em que se é empregada, no entanto é necessário escolher o sistema construtivo para assim desenvolver a melhor solução cabível, de acordo com a tipologia e necessidades pessoais.

A justificativa para o desenvolvimento do trabalho, parte do intuito de tomar conhecimento das principais características das construções modulares, desmembrando conceitos a partir de sistemas que possam ser implementados em diversas tipologias de projetos. A versatilidade da modularização independente dos atributos pessoais de cada idealização arquitetônica podem ser inovadoras e revolucionárias - a partir do pensar em construir de forma mais sistêmica e tecnológica, e isto engloba todos os envolvidos dentro do processo de cada projeto. O projeto é o principal veículo para que processos racionalizados possam ser

efetivamente solidados, nele é possível pautar toda a infraestrutura adequada e optar pelo sistema que mais adere em questão das necessidades dos interessados.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é contextualizar por meios conceituais e técnicos as diferentes possibilidades que propiciaram o pensar na racionalização da construção, a partir do método da construção modular, abordando a materialidade entre os sistemas construtivos, a versatilidade nos projetos e as tecnologias presentes.

1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral da pesquisa, pretende-se apresentar:

- a) Conceitos e premissas da modularização e algumas abordagens históricas que agregam ao contexto da temática;
- b) Trazer em pauta os recursos e materiais que favorecem para desenvolvimento das construções modulares;
- c) Evidenciar as principais vantagens e os benéficos que as construções modulares oferecem;
- d) Exemplificar com projetos de edificações a diversidade e tecnologias construtivas.

1.3 Metodologia

A metodologia adotada se deu através de pesquisa bibliográfica, com intuito exploratório. Para cada quesito abordado, foram pautados tópicos que fortalecem o conteúdo da temática, visando colocar essas informações em uma linha de raciocínio no qual pode-se compreender a modularização em diversos ângulos dentro das possibilidade e implementação do seu uso.

Portanto, as referências bibliográficas embasaram-se em pontos históricos e técnicos, conceitos que trazem especificamente questões sobre as transições e mudanças que ocorreram em uma determinada época para conformar novas formas de planejar,

projetar e construir; aos mecanismos que foram introduzidos a partir das necessidades dessas mudanças para então trazer mais desempenho e produção para o meio da construção, das normas que ajudaram a enfatizar as metodologias adotadas através da construção. Entende-se que, as técnicas construtivas estão em constante evolução, os exemplos de projetos apresentados trazem inspiração e reflexão para um pensamento mais aberto, esses exemplos mostram que a modularização não possui uma limitação que impeça a criatividade dos arquitetos e projetistas.

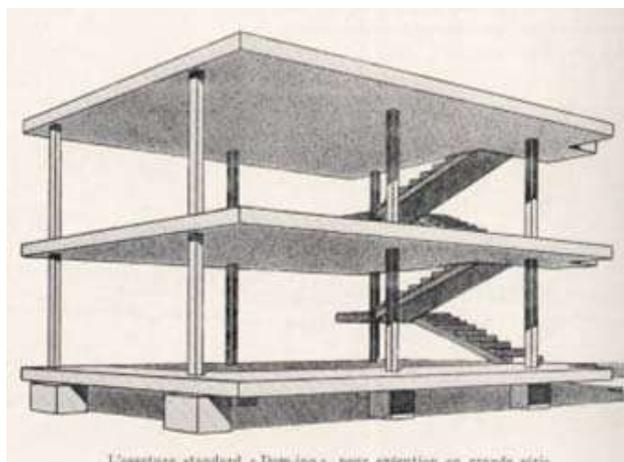
2 CONCEITOS E FATOS HISTÓRICOS

A definição de modularização, apresenta-se a partir de repetições de um mesmo elemento, há muitas variações do termo modular, o mesmo refere-se a qualquer elemento que tem por finalidade uma serie de repetições proporcionalizadas ou não. Cada elemento com suas próprias características, apresentam-se com muitas possibilidades para a materialização de algo. No meio construtivo, de acordo com o autor Andrade (2021.p.41) “o termo construção modular está em utilizar o módulo como uma medida padrão, adotada dentro de uma malha modular que direciona o projeto, dentro do qual toda e qualquer dimensão é pré-definido”, sendo assim, o termo construção modular pode ser visto e interpretado amplamente. A modularização portanto, pode ser entendida como um agrupamento e/ou encaixe de diferentes componentes dentro de um módulo. (Huang; Li, 2008 apud Nunes; Rocha; Antones, 2014, p.3).

Na prática, dentro do meio da construção, a modularização nos projetos permite soluções diversas para objetivos distintos, com o sistema combinam-se funcionalidade e técnica construtiva por meio de materiais que favorecem na execução e racionalização. Ao longo do tempo, as técnicas em construir e pensar nas formas e proporções foram mudando à cada transformação ocorrida. A partir de metodologias introduzidas em uma determinada época, novos padrões conformam novas perspectivas e ideologias para a área da construção.

Le Corbusier, arquiteto modernista do século xx, com toda sua relevância na arquitetura e projetos construídos, introduziu e consolidou conceitos e técnicas para o meio construtivo. Em 1914, criou o sistema Dom-ino - Figura 1, definido por lajes, vigas, pilares e fundações, traçando conceitos modernos como o pilotis e fachadas livres.

Figura 1 – Sistema Domino - Le Corbusier, 1914



Fonte: Arquiteturaemnotas (2024)

Pode-se entender que o objetivo era trazer otimização para o meio da construção, através da pré-fabricação e padronização dos elementos constituintes (Palermo, 2006, p.7). Em 1921, o arquiteto afirmou que as casas também precisavam ser construídas em série, em fábricas, com linhas de montagem como Henry Ford (patrocinador da evolução da técnica de linha de montagem de produção em massa automotiva) construía seus automóveis (Chemiller, 1980 apud Pauli, 2023, p.57).

Os Livros Modulor I e Modulor 2 penteados por Le Corbusier no ano de 1948, são obras literárias que abordam a forma, proporção e medida na arquitetura. De acordo com Possebom (2004, p. 72) em resumo descrito, “o modulor rege as longitudes, as superfícies e os volumes, mantendo sempre a escala prestando-se a infinitas combinações e assegurando unidade na diversidade: benefício inestimável, milagre dos números”. Estas obras propiciaram muitas transformações para arquitetura a partir da revolução industrial, havendo que repensar na forma de construir, como citado no resumo sobre as perspectivas da época pelo autor,

Numa sociedade moderna mecanizada, cujas ferramentas se aperfeiçoam a cada dia para proporcionar recursos de bem-estar, a aparição de uma gama de medidas visuais é admissível, posto que o primeiro efeito deste utensílio será unir, enlaçar, harmonizar o trabalho dos homens, precisamente desunido neste momento até mesmo destroçado pela presença de dois sistemas dificilmente conciliáveis: o sistema dos anglo-saxões e o sistema métrico decimal (Possebom, 2024 p.70).

Após a segunda Guerra Mundial, Le Corbusier, desenvolveu seu primeiro projeto em larga escala, um conjunto de habitação, localizado na cidade de Marselha na França. Com todo seu repertório técnico e teórico, utilizou-se como base de inspiração os conteúdos dos livros *Modulor*, aos quais ele mesmo compôs, para então criar uma proporcionalidade entre os ambientes a partir da escala humana, e assim alocar em um único volume de edificação as moradias, ao final, a edificação propiciou abrigar cerca de 1.600 moradores. Na Figura 2, pode-se observar que o conceito adotado pelo arquiteto tem embasamento na modularização, onde todos os apartamentos seguem de forma retilínea e múltipla.

Figura 2 – Unidade de Habitação, 1952 - Marselha, França



Fonte: Visuallexicon (2006)

Grandes transformações passadas costumam ser progressivas, enxergar a arquitetura e a engenharia nos tempos atuais, só reforçam que essas mudanças solidificaram a forma como constrói-se hoje, técnicas e tecnologias construtivas estão para serem exploradas cada vez mais, principalmente na busca pela qualidade, agilidade, assertividade, que induzem cada vez mais a racionalização construtiva.

O conceito modular mostra-se diverso em seu significado, e quando se refere a construção, é um trabalho de medidas proporcionalizadas em pequena e larga escala na edificação. Como visto anteriormente, as transformações são necessárias para um

bem maior, e a mudança ocorre na maior parte através das necessidades vividas, sendo assim, se hoje os padrões normativos ditam a produção de uma edificação desde o projeto inicial aos últimos reparos, é devido aos grandes estudos e transformações antecedentes.

Em 1972, foi inaugurado o edifício Nagakin Capsule Tower em Tóquio/Japão - Figura 3, exclusivamente para suprir uma necessidade de habitação, esse edifício contém 2 estruturas com circulação, preparadas para encaixar as capsulas, nome dado aos módulos que foram construídos em chão de fábrica com placas cimentícias de concreto, e com possibilidade de substituir as cápsulas caso fosse preciso.

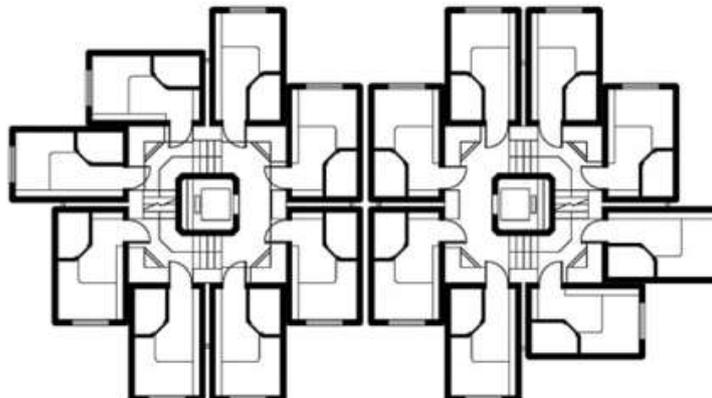
Figura 3 - Edifício Nagakin Capsule Tower - 1972



Fonte: Archdaily Brasil (2023)

Na Figura 4, é visível a proposta de 2 circulações para acessar os módulos de habitação, e essas circulações compõem-se toda base estrutural do edifício.

Figura 4 - Layout do Edifício Nagakin Capsule Tower



Fonte: Archdaily Brasil (2023)

Observa-se que a proposta do edifício tem embasamento conceitual, projetual, estético e funcional, idealizada em uma época onde arquitetos implementavam novos estilos, tal época nomeada como “Metabolismo”, de acordo com a matéria divulgada pelo Wikiarquitectura (2023),

o metabolismo está relacionado com a idéia da natureza e da impermanência das coisas, traços, além disso, característica da cultura japonesa. Metabolismo apresenta uma cidade dinâmica e mutável, que se comporta mais como uma coisa viva como um objeto estático, onde as partes fixas de variáveis são distintos; uma forma flexível, mudança, dinâmico e tem a possibilidade de estender o sistema. Os *Metabolists* usa a tecnologia para criar projetos onde ainda há parte mais monumental ao qual as células estão ligados, como se fosse uma colméia. Esses projetos, portanto, podem facilmente distinguir a idéia de cápsula idéia Megaestrutura ou módulo.

O pensamento estratégico em função da produtividade possibilita grandes feitos, proporciona inspiração aos demais, propiciam mecanismos que impulsionam revoluções na construção. É um exemplo de edifício que, cumpri-o na demanda das habitações por meio de um planejamento hábil, introduzindo novidades na forma plástica, funcionalidade na tecnologia construtiva. Hoje, o edifício *Nagakin Capsule* não se encontra mais erguido, foi desativado e demolido em 2022 para outra construção no local.

As construções habitacionais possuem um maior índice de produtividade dentro da construção civil, e a forma como cada projeto é idealizado e construído, variam de acordo com a localização e público alvo. Referindo-se as habitações populares, essas possuem maior racionalização quanto ao projeto, a partir de uma proposta de *layout*, advém uma repetição contínua com a mesma leitura de planta baixa, apenas separadas por andar e torre. Essas habitações trazem muitas reflexões, o objetivo maior gira em torno da produção, no entanto toda infraestrutura é baseada na orçamentação, e quanto mais simplificado é a proposta projetual da habitação, melhor para o processo de execução e gestão, porém, essa necessidade de urgência para a crescente demanda das construções habitacionais, acarretam descuidos com relação a qualidade estética e funcional que são entregues à população. Nas Figuras 5 e 6, são exemplos de construções de habitação social com perspectivas distintas, na Figura 5, há um conjunto habitacional tradicional, e na Figura 6, outro conjunto habitacional, esse construído na cidade de Heliópolis em São Paulo - 2014, a proposta adotada ao conjunto habitacional, buscou integralizar lazer e vida social entre os moradores. A intenção com esses exemplos é propor uma reflexão de que, projeto faz diferença, e quando pensando estrategicamente, levando em consideração aspectos qualitativos, sociais, econômicos, e agregadores, os resultados são satisfatórios.

Figura 5 - Conjunto Habitacional - Samaritá-SP



Fonte: PTnahabitação (2023)

**Figura 6- Conjunto Habitacional, 2014-
Heliópolis,SP**



Fonte: Prefeitura.sp (2014)

2.1 Construção modular - diversidade

No mercado a aplicação se desmembra em seguimentos e objetivos distintos, que se subdividem em processos direcionados para um fim específico, há os métodos que

são direcionados para a confecção do material de construção, os pré-fabricados, materiais que também podem ser classificados como um produto modular, de acordo com o autor Andrade (2021.p.42), em um relatório de 2020 divulgado *pela Dodge Data & Analytics (empresa Norte Americana, fornecedora de soluções analíticas e integração de fluxos de trabalho para a indústria da construção)*,

os conceitos da “pré-fabricação” e “construção modular” foram similares quando tratados como tipos de construção fora do canteiro, e distinguidos pela noção da construção modular ser um processo baseado na fábrica, produzindo componentes ou grandes volumes (módulos) que serão transportadas para o local de implantação.

O sistema construtivo adotado para um projeto impacta no processo da obra, esse impacto pode ser meramente positivo, desde de que haja um planejamento coeso, os sistemas construtivos pré-fabricados aumentam a produtividade e racionalização no ato da execução, como citam os autores Ferreri e Alves (2021. p. 33) “a construção modular caracteriza-se pela normalização dimensional, repetição e uniformização de processos e materiais, com vista à melhoria e eficiência produtiva”. Ao estender-se para a prática, obtém-se algumas vertentes na linha racional de projeto modular:

- a) projeto que fará o uso de materiais pré-fabricados, ou seja, será realizado uma base *in loco*, como exemplo a fundação, dentre outras instalações específicas, adiante - os sistemas construtivos escolhidos direto da fábrica, sistemas estes que podem ser projetados sob medida e/ou especificados em projeto com as medidas de materiais padrão de mercado;
- b) propor módulos inteiros produzidos em chão de fábrica, e a partir, desenvolver a metodologia de instalação desses módulos, de acordo com o projeto e sistema construtivo escolhido.
- c) fazer uso misto - utilizando módulos inteiros x pré-fabricados executados no local.

Como exemplo na Figura 7, esta escola foi desenvolvida por métodos modulares mistos, compostas por módulos de fábrica e materiais pré-fabricados do tipo painéis prontos em concreto. É um exemplo de que o projeto alinhado à execução, possui grande flexibilidade sobre os conceitos projetuais arquitetônicos.

Figura 7- Escola Lady Liberty Academy Charter School, Ano: 2014, EUA



Fonte: Archello (2014)

Na Figura 8, o transporte dos painéis de concreto e dos módulos prontos.

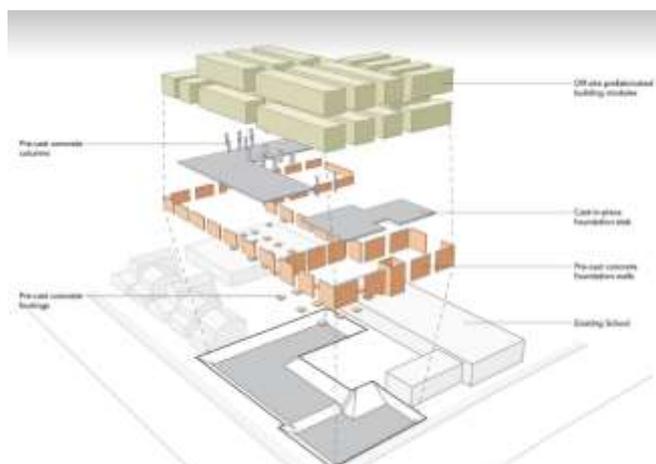
Figura 8 - Processo de transporte dos módulos e pré- fabricados da escola



Fonte: Archello (2014)

Na Figura 9, uma perspectiva do projeto permitiu uma visualização completa de todas as partes da edificação. Essa perspectiva, comumente é chamada de visão explodida, facilita para a compreensão do todo, permitindo uma avaliação mais detalhada e conceitual da parte de projeto. As tecnologias presentes nos softwares colaboram progressivamente com esses detalhes visuais e interativos.

Figura 9 - Perspectiva mostrando os aspectos funcionais do sistema construtivo



Fonte: Archello (2014)

Esse exemplo mostra claramente que a configuração arquitetônica com relação a estética e conceituação não se limita em um formato convencional ou estático, em que geralmente a construção modular é associada, há uma disposição livre e flexível dos módulos, dando ênfase as características escolhidas pelo arquiteto e os demais envolvidos. Na Figura 10, é um outro exemplo de projeto que visa uma característica modular flexível e aberta à conceitos dinâmicos e intuitivos. A materialidade é resumida em concreto e aço, a proposta arquitetônica trouxe aspectos modulares contínuos e ao mesmo tempo disformes. Os projetos no entanto podem ter vários caminhos para atingir objetivos que tragam impactos positivos e que agreguem ao meio ambiente e para a qualidade de vida dos usuários.

Figura 10 - Edifício Administrativo da Universidade FPT - 2017 | Vietnã



Fonte: Archdaily Brasil (2017)

Na Figura 11, o conceito adotado no projeto da edificação.

Figura 11 - Conceito do Edifício Administrativo da Universidade FPT



Fonte: Archdaily Brasil (2017)

A construção modular pode contribuir com projetos complexos que demandam maior mão de obra e tempo, edificações com finalidades administrativas, educacionais, hospitalares e habitacionais, essas edificações de grande porte trazem muitos processos burocráticos durante a execução, principalmente pelos impactos vizinhos, no entanto quanto mais se abre espaço para sistemas construtivos racionalizados, melhores condições de execução em campo.

2.1.1 Práticas sustentáveis

De acordo com uma matéria divulgada pela Gbcbrasil em 2020,

Em 2016, a ONU propôs aos líderes mundiais 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para que, coletivamente, a humanidade pudesse dissociar o crescimento econômico da pobreza, da desigualdade e das mudanças climáticas. Este último tópico é possível com as construções sustentáveis.

Em sequência na matéria divulgada, é pautado os objetivos ODS aos quais se pode contribuir com construções mais sustentáveis:

Saúde e Bem-Estar; Energia Limpa e Acessível; Trabalho Decente e Crescimento Econômico; Indústria, Inovação e Infraestrutura; Cidades e Comunidades Sustentáveis; Consumo e produção responsáveis; Ação Contra a Mudança Global do Clima; Vida Terrestre; Parcerias e Meios de Implementação;

Segundo dados do GBC, o Brasil está em quinto lugar no ranking mundial de sustentabilidade, com 1.555 construções do tipo já registradas e 641 certificadas. São Paulo concentra a maioria, com 842 registros de construções sustentáveis e 364 certificações de casas, indústrias, hospitais e até bairros (Cbcbrasil. 2020).

A temática sustentável é bem ampla, a sigla ESG engloba conceitos instituídos pela ONU (Organização das Nações Unidas) que tratam das áreas “*ambientais, sociais e governança*”, é um termo que unifica todos os campos para elaboração de qualquer projeto que visa transformações para as práticas sustentáveis. Na Figura 12, os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável.

Figura 12 - Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável



Fonte: Conecta Brasil (2020)

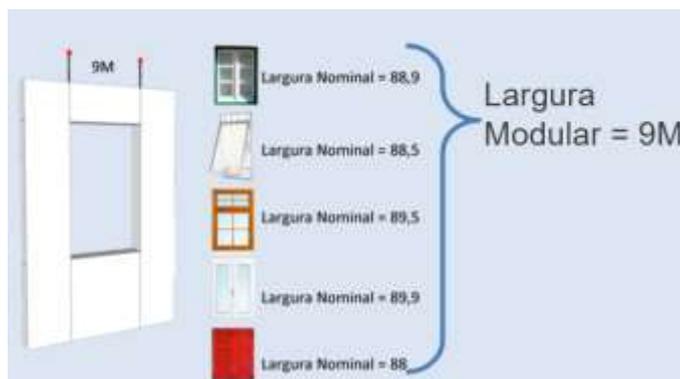
É importante ter conhecimento desses fatores que regem um consenso coletivo de desenvolvimento sustentável, e a construção civil pode contribuir de forma gradativa, desde que busque cada vez mais trabalhar com maior empenho na potencialização da racionalização na construção, alinhando-se com a tecnologia e as indústrias - as grandes responsáveis por todos os feitos da engenharia. Segundo pesquisas, a construção modular vem estado nas principais práticas para construção mediante as questões de sustentabilidade.

2.2 Coordenação modular

A “coordenação modular”, é um termo que se deu como estudo em meados no século XX, com o intuito de estabelecer medidas padrão para o desenvolvimento de um determinado material em fábrica, devido as grandes transformações industriais após a segunda guerra mundial (Pauli, 2023, p.37). Essas transformações acataram por estabelecer parâmetros de medidas dos materiais entre os países, assim em 1946 criou-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas, uma comissão para tratar do processo de modulação nas construções no país (Badaluf, 2004 apud Pauli, 2023, p.37). A antiga NBR 5706:1997 norma da Coordenação Modular da Construção, tida como o objetivo de coordenar as medidas dos componentes da construção, desde o projeto até a execução, foi substituída pela NBR 15873:2010 norma de Coordenação Modular para edificações. No Brasil hoje, a NBR 15873, norma da Coordenação Modular para edificações, especifica padrões de medida para módulos básicos e define termos e princípios para obras modulares. “A norma institui, como medida-padrão, que os módulos básicos tenham uma referência de dimensão, essa dimensão é de 100 mm, ou 10 cm” (Cmc modular).

Ao relacionarmos construção modular com coordenação modular, ambas são distintas, a coordenação modular refere-se a repetição da medida modular básica, (10cm) para a produção de um determinado material, e a construção modular esta em utilizar os materiais que assim provierem. A coordenação modular é uma forma de ordenar medidas estabelecidas para um produto (material) que tem por finalidade um padrão de fabricação contínua, a norma leva em consideração as tolerâncias que são variáveis de um produto para outro, e é a partir dessa variação que se chega a uma medida final para o produto. Pela norma as medidas de tolerância são calculadas por: **mc** (medida de coordenação do elemento) que é igual a **mn** (medida nominal) + **ac** (ajuste da coordenação). Na Figura 13, exemplo de janelas com medidas diferentes de fabricação, convergidas em uma medida única de coordenação. Essas adequações contribuem no momento de definir a medida dos vãos de abertura na construção, garantindo um padrão entre material e construção.

Figura 13 – Medida nominal convergida para medida de coordenação



Fonte: Revisão da norma de Coordenação Modular (2010)

De acordo com o autor Andrade (2021.p.41),

A coordenação modular visa promover a compatibilidade dimensional entre elementos construtivos (definidos nos projetos das edificações) e componentes construtivos (definidos pelos respectivos fabricantes), bem como busca estabelecer uma lógica racional de concepção projetual entre as partes para a formação de um conjunto modular, a ser materializado na edificação.

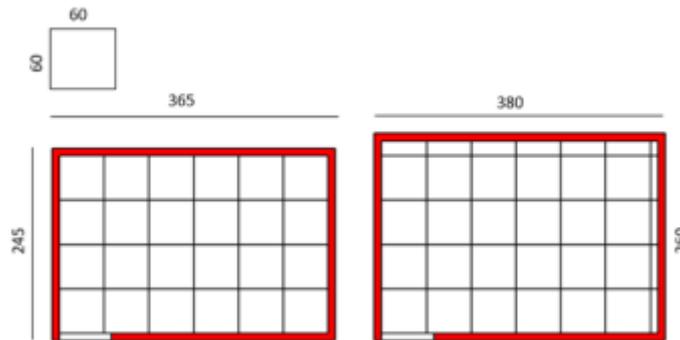
Quando em projetos que tem por finalidade materiais confeccionados sob medida, essas práticas constituem maior flexibilidade durante a produção de uma edificação, porém é preciso conhecer as limitações do material escolhido para adequá-los ao projeto, sem que haja grandes intervenções e desperdícios. De acordo com o CMC Modular (2023), os principais benefícios da coordenação modular são:

racionalizar as medidas dos componentes construtivos durante a sua fabricação; simplificar os processos de construção no canteiro de obras; possibilitando uma maior intercambialidade de componentes em novas construções e em reformas futuras; auxiliar no trabalho de projetistas; orientar e facilitar o processo de montagem melhorando o desenvolvimento de novos produtos.

Ao elaborar projetos considerando utilizar materiais com medidas padrão do mercado, o mesmo deve haver coerência com o projeto, onde futuramente serão instalados, atentando-se aos mínimos detalhes, para assim obter produtividade em obra. Tratando-se de uma reforma e reparos, essa prática não é cabível, mas se possível é

bem-vinda. Na Figura 14, exemplifica um simples ajuste em uma medida de um espaço para a peça cerâmica ter rentabilidade máxima, sem recortes e desperdícios. A modularização entra em diversos trabalhos na edificação, até mesmo para uma simples paginação de piso.

Figura 14 - Exemplo de comparativo de paginação de piso em função de uma peça cerâmica



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

2.2.1 Projetos modulares – modulo bidimensional

O projeto em si, até mesmo para um componente construtivo, dependem de especificidades estabelecidas pelo fabricante, é então responsabilidade do profissional acatar as medidas cabíveis tanto quanto em atender as normas vigentes, no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) comanda requisitos e parâmetros para diversas finalidades na produção de materiais, desde aos ensaios técnicos à emissão de certificação. De acordo com estudos, referindo-se aos módulos bidimensionais, o mesmo está associado na produção de materiais pré-fabricados, esses materiais são produzidos em maior escala, é como proferir sua função e sistema de execução, ambos consistem na produção de: vigas, pilares, placas, painéis, chapas, coberturas, enfim, a partir dos materiais como: aço, concreto, madeira, todos esses dão forma a uma tipologia de uso para cada sistema apresentado, comparado com produtos como tijolos cerâmicos e blocos de concreto, esses também compõem-se em aspectos de fabricação, mas o sistema em si desfavorece no quesito de desempenho ao voltar-se para construção modular. A proposta dos sistemas pré-fabricados é aumentar a produtividade, mantendo a flexibilidade em mesclar diversos produtos para um projeto específico. Na Figura 15, paredes pré-fabricadas em concreto com os vãos de abertura das janelas definidos.

Figura 15 – Parede em concreto pré-fabricado

Fonte: Industrializar em concreto (2024)

2.2.2 Projetos modulares – modulo tridimensional

Módulos tridimensionais consistem na produção de uma parte inteira de uma edificação, os módulos tridimensionais são o mesmo que a chamada construção *off-site* (produzida fora do canteiro). Os módulos são produzidos a partir de uma demanda específica, logo são levados e instalados ao destino final. Importante pontuar que as instalações de elétrica e hidráulica fazem parte de todo processo de execução dos módulos, importante pontuar também que até mesmo para desenvolver os módulos, os componentes construtivos neles inseridos são em maior parte pré-fabricados, ou seja, há uma grande racionalização na produção até a instalação final. É uma excelente opção para o desejo de obter-se projetos com alta relevância em modularização, projetos que tem como intuito em ser mais sistêmicos e objetivos. Na Figura 16, vários módulos dispostos em chão de fábrica.

Figura 16 – Módulos dispostos em chão de fábrica

Fonte: Tcverde (2024)

3 MATERIAIS E TECNOLOGIA

Em qualquer processo construtivo, lida-se a todo momento com materiais de construção, cada material tem um processo individual de concepção, desde o colhimento da matéria prima até as produções finais. Os sistemas construtivos determinam a ordem de gestão e produção de uma edificação, e bem se sabe que cada sistema obtém uma técnica específica de execução, consequências estas que impactam no desenvolvimento de uma edificação, todo material tem características próprias acopladas a um sistema construtivo. O sistema mais comum praticado no Brasil, é o sistema de alvenaria convencional: tijolo cerâmico – bloco de concreto – concreto, esse sistema de um modo geral é meramente tradicional, pode-se dizer que, é um método cultural, é o sistema que facilita com maior abrangência o acesso tanto na questão econômica e da mão de obra, mas não é um sistema efetivo em prol de edificações mais racionalizadas. As tecnologias contemporâneas favorecem consideravelmente para a racionalização na construção, já que os avanços em termos construtivos e os dos próprios materiais permitam diferentes possibilidades, bastando apenas o olhar atento para obter proveito dos recursos cabíveis, dentre as opções no mercado atual, há sistemas como: *Steel Frame*; *Wood Frame*; *Contêineres*, e os próprios materiais produzidos em larga escala, como: Pré-moldados em concreto (vigas, pilares, outros), *Drywall*, placas cimentícias, painéis, cada um desses materiais com suas premissas favorecem na agilidade e no desempenho das construções modulares. Nas Figuras 17, 18, 19, 20, são exemplos de construções e componentes modulares.

Figura 17- Lojas em contêineres



Fonte: Locares (2024)

Figura 18 - Casa germinada com painéis pré – fabricados



Fonte: Habitissimo (2024)

Figura 19 - Revestimento em placas ACM

Fonte: Art AlumínioACM (2024)

Figura – 20 Construção em perfis estruturais metálicos

Fonte: Metalpar (2024)

Projeto, sistema construtivo e material constituem base para todo planejamento da construção civil, incluindo todas as fases de custos diretos e indiretos. A produtividade é determinante a partir de uma proposta projetual, para toda ocasião em um processo de construção de uma edificação, trabalha-se com premissas e expectativas alheias, o que é inerente a todos os profissionais envolvidos.

3.1 Steel Frame e Wood Frame

O *Steel Frame* é um sistema racionalizado e completo, basicamente o sistema é composto por perfis de aço galvanizado e placas cimentícias, seu conceito principal é a leveza da construção, as propostas projetuais são bem flexíveis. O *Steel Frame* é um sistema amplamente modular, devido aos padrões modulares criados a partir dos perfis, é um sistema que apresenta-se com um grau elevado em racionalidade construtiva, produtividade, tempo hábil de execução e uma construção mais limpa. A fundação pode ser preparada de diversas formas, o que fica a critério das características do solo (terreno). A norma NBR 16970 (ABNT 2023) - *Light Steel Frame* estabelece os requisitos para os componentes e desempenho do sistema construtivo. Na Figura 21 toda a estrutura e vedação da residência composta em *Steel Frame*.

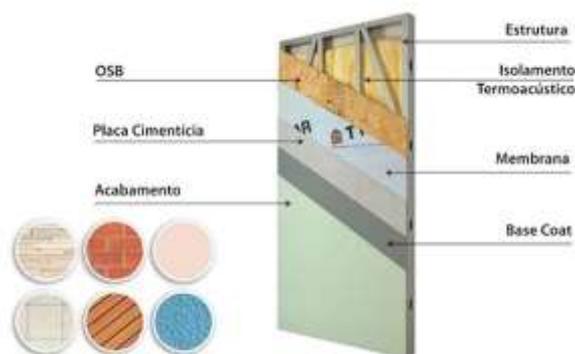
Figura 21 – Sistema *Steel Frame* - estrutura em aço galvanizado:



Fonte: Portal Metálica (2024)

Nas Figuras 22 e 23, compreende-se toda a estrutura que compõem as paredes do sistema externas e internas.

Figura 22 – Paredes externas do sistema *Steel frame*:



Fonte: Portal Metálica (2024)

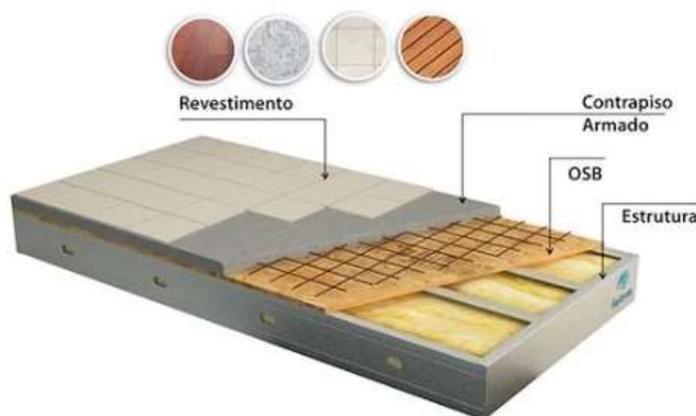
Figura 23 – Paredes internas do *Steel Frame*:



Fonte: Portal Metálica (2024)

As características do *Steel Frame* são promissoras para construção civil, o sistema pode ser aplicado livremente, é interessante que a modularização seja vista como um “quebra cabeça potente” e com muita flexibilidade. O *Steel Frame* ocupa muitas funcionalidades dentro de uma edificação, podendo ser utilizado em conjunto com outros sistemas construtivos, eis ai uma das principais vantagens para qualquer projeto de modularização: a diversidade de composição. As lajes compõem-se basicamente com o mesmo processo que as paredes, como exemplo na Figura 24.

Figura 24 – Laje Steel Frame:



Fonte: Portal Metálica (2024)

As coberturas no sistema *Steel Frame* fica a critério de escolha, há muitas opções no mercado, o sistema adere há muitos tipos de cobertura. Toda composição de materiais do *Steel frame* estabelece desempenho, o que garante a qualidade do sistema. O **Wood frame** é basicamente o mesmo sistema que compõe o *Steel Frame*, mudando apenas o material, que no caso é a madeira, o tipo mais usado é o pinus, assim como *steel frame* utiliza o aço leve, o pinus também traz as mesmas características de leveza. Sistema muito utilizado no exterior, principalmente nos Estados Unidos, a madeira é um material que contém propriedades naturais com relação a acústica e térmica, o que auxilia nos países com climas de baixa temperatura. Normalizada pela ABNT NBR 16936 – Edificações em *Ligth Wood frame*, entrou em vigor em 2023. Segundo Abinci (2023),

Foram sete anos de intensos trabalhos técnicos na preparação da norma e, certamente, ainda há muito a ser feito para que o sistema ganhe escala de negócios na construção civil. Abordagens positivas e competitividade não faltam, pois o sistema wood frame além de propiciar vantagens construtivas, como a redução do tempo de execução das obras, a redução de resíduos, a economia de energia, oportuniza ganhos ambientais, sendo potencialmente sustentável, pois a matéria-prima principal utilizada no sistema construtivo é proveniente prioritariamente de florestas plantadas.

Na Figura 25, observa-se toda a estrutura da residência em *Wood Frame*.

Figura 25 – Estrutura em *Wood Frame*



Fonte: Aresto Arquitetura (2023)

Na Figura 26, a estrutura das paredes que se aplicam ao *Wood Frame*, pode-se observar a similaridade com o *Steel Frame*.

Figura 26 – Estrutura de paredes do *Wood Frame*



Fonte: Tcverde (2024)

Comparando os dois sistemas, observa-se que, os mesmos mantêm o mesmo processo de execução, mudando apenas algumas características no processo de instalação e claro a materialidade distinta - aço e madeira. Quando propõe-se trabalhar com qualquer um desses sistemas, o custo costuma ser um fator que comparado com o sistema tradicional: alvenaria convencional, o mesmo venha a ser mais em conta, porém a escolha deve embasar todas as propriedades e vantagens de um sistema para com o outro.

Em uma pesquisa divulgada no *Blog Do Light Steel Frame (2023)*, baseando-se nos dados de construção da Sinduscon - SP, foi realizado um comparativo de valores por m², entre a Alvenaria e *Steel Frame*:

- em **2021** a **Alvenaria** estimou-se em **2.382,00 por m²**, o **Steel Frame** em **4.000,00 por m²**, devido a pandemia, a partir de **2020** os materiais da construção tiveram uma alta, a partir de **2022** esses valores começaram a diminuir segundo a pesquisa.
- em **2023**, a **Alvenaria Convencional** estimou-se em **1.912,23 por m²** e o **Steel Frame 3.000,00 por m²**
- realizou-se também uma precificação do sistema **Wood Frame** com relação a madeira, fazendo o comparativo de que o **aço** foi estimado em **900,00 por m²** e o preço da **madeira** em **450,00 por m²**, chegando à conclusão que, o **Wood Frame** constrói **2.550,00 por m²**, ou seja, se os dois sistemas possuem exatamente o mesmo conceito, construir com o *Wood Frame* mostra-se mais econômico comparado ao *Steel Frame*.

Cada etapa de uma obra pode agregar mais de uma opção de um sistema construtivo. Dessa forma, deve haver uma atenção específica e muito bem vista na hora de traçar os planos e escolhas de um sistema para um projeto, a dinâmica que o mercado comercial da construção oferece hoje é bastante variável e flexível, utilizar recursos construtivos que viabilizam conceitos de modularização é um caminho amplo e benéfico para a racionalização na construção. Importante salientar que ao falar de modularização não é para fixar em apenas em um ponto da construção, pensamento engessado e limitado referente a um módulo quadrado separado do todo, é

interessante ampliar todos os aspectos já mencionados, e compreender que as possibilidades são maleáveis às escolhas projetuais e construtivas.

3.2 Mão de obra – efeitos atuais

A mão de obra na construção nos últimos tempos vem sofrendo impactos negativos devido a falta de interesse de trabalhadores no setor, função essa essencial em qualquer atividade da engenharia e de toda a indústria da construção. De acordo com uma enquete realizada pela CBCI (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) em maio de 2023, a enquete mostrou que, “800 empresas, já apontava a dificuldade em contratar profissionais qualificados. De acordo com a amostra, 7 em cada 10 construtoras sofrem com a escassez” (O tempo, 2023). Acredita-se que um dos motivos são as condições de trabalho que são impostas ao trabalhador, e também pelas outras áreas e oportunidades de trabalho que o mercado oferece. O trabalho na construção civil de um modo geral é sempre associado a um trabalho pesado e desconfortável. O fato é que, propor mecanismos de trabalho podem colaborar para suprir essa carência, de acordo com Torres (2023), as tendências crescentes na indústria, sendo: “tecnologia, como exemplo o BIM (Modelagem da informação da construção); demanda por construções sustentáveis, cumprindo objetivos da ODS como já mencionados; crescimento da construção modular, dentre outros”, são avanços que pode-se considerar já um ponto de mudança com relação as questões trabalhistas, uma vez que a capacitação profissional para todas as áreas é imprescindível, principalmente para trabalhos manuais, executados por serventes, pedreiros, e carpinteiros, são profissionais que necessitam de programas de desenvolvimento e técnica profissional para valorização da profissão.

A indústria civil está em direção para a indústria 4.0, é especificamente essas mudanças alinhadas às tecnologias atuais de construções mais sustentáveis, viabilizando tempo, tecnologia, qualidade no produto, na gestão e no desenvolvimento profissional. É reconhecida também pelos sistemas que monitoram a matéria-prima, a produção e a distribuição dos itens produzidos. Com a internet, diferentes sistemas passaram a se comunicar entre si, melhorando a eficiência das mais diversas indústrias (Opus - Construção Modular, 2023). No entanto toda mudança é uma

consequência, requer muito esforço coletivo para levar adiante grandes transformações.

3.3 Construção off-site

Atualmente a construção *off-site* vem obtendo uma maior visibilidade no meio construtivo. Segundo BCG (2019) “cada vez mais construtores de casas residenciais estão em utilizar a pré-fabricação – onde seções de uma estrutura são construídas numa fábrica e depois montadas no local – para melhorar a produtividade e diminuir os custos”. Portanto os módulos em off-site podem ser construídos para qualquer finalidade de projeto, até mesmo um edifício. A construção *off-site* é um recurso amplo, como já mencionado anteriormente sobre os módulos prontos, permitindo que a partir deles criem-se diversos conceitos para uma tipologia de projeto. Cada detalhe pode ser minimamente executado, lembrando que a qualidade tende a ser mais rígida. De acordo com Montjoy (2022),

A popularidade de casas pré-projetadas e pré-fabricadas vem crescendo, transferindo grande parte do processo de construção do canteiro de obras para as fábricas. Enquanto países como Cingapura, Austrália e Reino Unido estão adotando cada vez mais edifícios modulares para atender à escassez de mão de obra e moradias, países nórdicos como a Suécia já constroem 90% das residências unifamiliares em madeira pré-fabricada.

No exterior os avanços costumam ser mais acelerados, um dos motivos é a abertura e a facilidade por meio da tecnologia. No Brasil a prática é aplicada consideravelmente, mas os avanços podem se tornar ainda mais potentes. A materialidade mais empregada nas construções *off-site* são os materiais em aço, madeira, metal e vidro, o concreto também é empregado, através dos painéis, placas cimentícias dentre outros - assim os módulos são produzidos. Os contêineres são muito utilizados na construção modular e pode ser considerado um método de construção em *off-site*, pois passam por intervenções, limpeza e reparos, e logo são designados para um fim específico, há empresas no mercado que fornecem contêineres para obras civis, direcionados para a produção do canteiro, como: banheiros, salas, refeitórios, dentre outros. A empresa “Locatec” é especificamente

direcionada para essa prática, já uma outra empresa mineira “*Opus Construções Modulares*” se encarrega de atender em diversas demandas de projetos nos setores administrativos, canteiros de obras e outros, ambos produzidos em *off-site*. A construção modular é inerente a construção em *off-site*, uma está para outra.

3.3.1 Edifício *Clement Canopy*

Considerado até então o maior edifício em construção modular do mundo, inaugurado em 2019, Cingapura. De acordo com Baratto (2019),

Cada uma das duas torres de 140 metros de altura é composta por 1.899 módulos e abriga 505 apartamentos residenciais de luxo. A maior parte do projeto foi pré-fabricada - um desafio que combinou perícia técnica, digital e estética. Os módulos foram então transportados para o terreno e empilhados segundo uma sequência precisa para formar compor a estrutura final.

Na Figura 27, observa-se a edificação concluída, a visão estética do edifício não aparenta uma construção realizada em grande parte por módulos pré-fabricados, no entanto é interessante ponderar que a construção modular não tem limitações quanto a plasticidade.

Figura 27 - Edifício *Clement Canopy*:



Fonte: Archdaily Brasil (2019)

Na Figura 28, o içamento do módulo.

Figura 28 – Içamento dos módulos durante a execução do edifício:



Fonte: Case Study (2024)

Na Figura 29, os módulos em fábrica, pode-se observar que os módulos vão para o destino final com pré-acabamento, esquadrias e as instalações gerais.

Figura 29 – Módulos em fábrica:



Fonte: Bouyguesconstruction (2016)

Na Figura 30, o transporte dos módulos.

Figura 30 – Transporte dos módulos:



Fonte: Bouyguesconstruction (2018)

É um edifício que exemplifica a potencialidade de construções modulares em off-site. Geralmente construções de grande escala implicam muitos transtornos no seu entorno durante o processo da obra, isto afeta as moradas vizinhas, tráfego de veículos e outros, projetos que visam os recursos que as construções modulares propiciam, esses impactos tendem a minimizar. Pensar na construção *off-site* a partir do seu potencial, em poder realizar a construção quase por completo em uma fábrica é revolucionário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do método da construção modular, está em compreender que modularização é um sistema construtivo combinado com materiais e técnicas que consistem em processos de execução distintos, com o foco em propiciar construções racionalizadas, com possibilidade de gerenciamento mais assertivo em tempo hábil. Devido as transformações no mundo, ambas relacionadas com a sustentabilidade e a tecnologia, a construção civil tem potencial para constituir estratégias que tem por finalidade aumentar a produtividade e a eficiência nos trabalhos executados em todos os campos, principalmente da mão de obra. É um desafio, pois quando se trata de localidade, o Brasil é um país que conserva muitos costumes tradicionalistas. Embora em maior parte métodos como o sistema de alvenaria convencional é o mais acessível para a população de renda baixa a média, ao mesmo tempo as grandes empresas de construção e também incorporação podem combinar mais sistemas que agregam os benefícios da modularização, pelo fato das mesmas obterem mais acessibilidade. Acredita-se que, quanto mais o uso de sistemas pertencentes ao campo da modularização, a competitividade vai aumentar e muito provável, os sistemas irão se igualar, não só em termos de custo, mas também pela procura cada vez mais do método, e isto é amplamente positivo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Bernardo Andrade. **Construção Modular Tridimensional: Pré-Fabricação, Tecnologia, Trabalho, Obsolescência e Arquitetura.** 155f. Dissertação (Mestre em Construção Metálica) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15873:** Coordenação Modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16970:** Light Steel Frame: Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16936:** Light Wood Frame. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARATTO, Romullo. Edifícios modulares mais altos do mundo são concluídos em Singapura. 2019. Disponível em: < <https://www.archdaily.com.br/br/920618/edificios-modulares-mais-altos-do-mundo-sao-concluidos-em-singapura> >. Acesso em: 20 de fev. de 2024.

BASTOS, Raphael de C.S.C. **Da Coordenação Modular a Construção Modular: estudo de caso.** 90 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

BCG. **Construindo a Habitação do Futuro.** 2020. Disponível em: < <https://www.bcg.com/publications/2019/building-the-housing-of-the-future> >. Acesso em: 22 de set. 2023.

BLOG DO LIGHT STEEL FRAME. **Casa Steel Frame x Casa de Alvenaria.** 2023. Disponível em: < <https://lightsteelframe.eng.br/casa-steel-frame-x-casa-de-alvenaria-comparacao-de-precos/#:~:text=Em%20uma%20pesquisa%20que%20fizemos,esses%20valores%20vem%20recuando%20levemente> >. Acesso em: 7 de fev. de 2024.

CBIC. **Norma da Coordenação Modular.** 2010. Disponível em: < <https://cbic.org.br/norma-de-coordenacao-modular-entra-em-vigor-e-permite-racionalizar-processos-construtivos/> >. Acesso em 4 de fev. de 2024.

CMC MODULAR. **NBR 15873**. Disponível em: < <https://cmcmódulos.com.br/norma-de-coordenacao-modular/> >. Acesso em: 22 de set. 2023.

FERRERI E ALVES, Ângela Guiomar Ferreri e Silva Alves. **Desenvolvimento e análise de um sistema modular para a construção de edifícios**. 198 f. Dissertação (Mestre Integrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, 2021.

GBCBRASIL. **Como as construções sustentáveis contribuem para os objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**. 2020. Disponível em: https://www.gbcbrasil.org.br/como-as-construcoes-sustentaveis-contribuem-para-os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAoKeuBhCoARIsAB4WxtcAWA4gfHdjTICEBGjKOWSUIHOaoMH1zGwKkxx6IHsur7w-zUmKKIAaAgknEALw_wcB. Acesso em: 21 de setembro de 2023.

MONTJOY, Valeria. **A construção "off-site" pode mudar radicalmente as regras do projeto de arquitetura**. 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/973508/a-construcao-off-site-pode-mudar-radicalmente-as-regras-do-projeto-de-arquitetura>. Acesso em: 20 de fev. de 2024.

NUNES, Fabiano de Lima; ROCHA, Mauro Vinicius; ANTONES JÚNIOR, José Antônio. **Modularização - conceitos, abordagens e benefícios**: uma revisão teórica. p 1-22, jul/dez. 2014.

O TEMPO. **Falta de mão de obra qualificada afeta 7 em cada 10 construtoras**. 2023. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/economia/falta-de-mao-de-obra-qualificada-afeta-7-em-cada-10-construtoras-1.3275796>. Acesso em: 7 de fev. de 2024.

PALERMO, Nicolás Sica. **O Sistema Dom-ino**. 222f. Dissertação (Mestre em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PAULI, Guilherme Penning. **Coordenação Modular: sistematização na orientação do processo projetual arquitetônico**. 235 f. Dissertação (Mestre em Arquitetura e Urbanismo e Paisagismo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023.

PEREIRA, Diogo Duarte Alves. **Uma habitação transportável e flexível**. 147 f. Dissertação (Mestre em Arquitetura) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013.

PINHEIRO, Igor. **CONSTRUÇÃO MODULAR: O que é e como funciona**. 2022. Disponível em: < <https://www.inovacivil.com.br/construcao-modular-o-que-e-e-como-funciona/> >. Acesso em: 21 de set. de 2023.

POSSEBON, Ennio. **O Modulo de Le Corbusier: forma, proporção e medida na arquitetura**. p.69-76, jan/jun. 2004.

SIENGE. **7 tendências da indústria da construção em 2023**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/7-tendencias-industria-construcao-2023/#:~:text=Uso%20crescente%20de%20tecnologia%2C%20ado%C3%A7%C3%A3o,na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil%2C%20por%20exemplo>. Acesso em: 7 de fev. de 2024.

VIEIRA, Alexandre; VIEIRA, Luiz Henrique; NOVATO, Marcelle de Carvalho; TISI, Matheus; LEITE, Monique Lacerda; NEGRI, Thamiris Mara, Franzini, Carlos Roberto. **Construção de casa modular em sistema Off-Site e suas comparações com o método tradicional**. Universidade de São Paulo, São Paulo. p.1-17. 2022.

WIKIARQUITECTURA. **Torre Nagakin Capsule**. Disponível em: <https://pt.wikiarquitectura.com/constru%C3%A7%C3%A3o/torre-nagakin-capsule/> Acesso em: 22 de nov. de 2023.