INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS – CAMPUS PALMAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

KAIO HENRIQUE DE JESUS SANTOS

APLICAÇÃO DO CONCEITO MODULAR NA CADEIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O IMPULSO NECESSÁRIO PARA INDUSTRIALIZAÇÃO EM LARGA ESCALA

Palmas – TO

2021

KAIO HENRIQUE DE JESUS SANTOS

APLICAÇÃO DO CONCEITO MODULAR NA CADEIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O IMPULSO NECESSÁRIO PARA INDUSTRIALIZAÇÃO EM LARGA ESCALA

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil do Campus Palmas da Instituto Federal do Tocantins - IFTO para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.
Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Palmas – TO

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

S237a Santos, Kaio Henrique de Jesus
Aplicação do Conceito Modular na Cadeia da Construção Civil : O impulso necessário para industrialização em larga escala / Kaio Henrique de Jesus Santos. – Palmas, TO, 2021.
92 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2021.

Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

1. Construção Modular. 2. Industrialização na Construção Civil. 3. Pandemia de Covid-19. I. Pedroso, Gilson Marafiga. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.
Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

KAIO HENRIQUE DE JESUS SANTOS

APLICAÇÃO DO CONCEITO MODULAR NA CADEIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O IMPULSO NECESSÁRIO PARA INDUSTRIALIZAÇÃO EM LARGA ESCALA

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil do Campus Palmas da Instituto Federal do Tocantins - IFTO para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.
Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

Aprovado em: 28/09/2021

BANCA AVALIADORA

GILSON MARAFIGA PEDROSO:69350140004

Assinado de forma digital por GILSON MARAFIGA PEDROSO:69350140004
Dados: 2021.11.16 18:28:01 -03'00'

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Orientador
(IFTO)

Thiago D. A. Silva

Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
(IFTO)

Liliane Flávia Guimarães de Si

Prof. Dra. Liliane Flávia Guimarães e Silva
(IFTO)

Dedico essa conquista aos meus pais, Caetano e Atamira, que nunca mediram esforços pra me ver alcançar o topo, em especial à minha mãe (in memoriam) que sonhou com esse momento até mais que eu.

Vocês são tudo pra mim!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me permitido viver e experienciar deste sonho compartilhado por todos os familiares e amigos que acompanharam a árdua caminhada.

Aos meus pais, Caetano Nascimento Santos e Atamira de Jesus Santos, por caminharem comigo por esse longo e tempestuoso caminho, por incentivarem meu potencial além do máximo que eu podia acreditar e por não me deixar esquecer, nem por um segundo sequer, de minhas raízes. Em especial à minha mãe, que almejou este sonho muito antes de mim, sempre estará em meu coração e pensamento. Seus ensinamentos jamais deixarão de fazer parte de minha vida.

À minha irmã, Mirelle de Jesus, por acreditar em mim à ponto de me pôr como um modelo à ser seguido, fazendo meu coração transbordar com a honra de ser seu irmão mais velho.

À toda minha família, tios, primos e avós por torcerem pelo meu sucesso e, independente da distância, festejarem todas as minhas pequenas e grandes conquistas.

À minha namorada, Milena Rios, amiga e parceira em tudo que vivemos juntos. Tanto seu suporte e conselhos quanto sua presença calma e aconchegante foram cruciais nesta trajetória, não me deixando desanimar nos momentos mais difíceis.

À meu orientador Professor Dr. Gilson Marafiga Pedroso, por acreditar neste trabalho desde o príncipio e contribuir no meu crescimento profissional. Obrigado pelo incentivo, aconselhamentos e por todo aprendizado nesta longa caminhada, tornando-se além de um colega de profissão, um amigo para a vida.

À Professora Dra. Liliane Flávia Guimarães e Silva, membro da banca avaliadora e uma das melhores professoras que já tive na faculdade. Seu bom humor e paixão pelo que faz me fez enxergar sempre novas possibilidades à frente e à ti serei eternamente grato.

Ao Professor Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva, também membro da banca avaliadora e um dos melhores professores da faculdade. Obrigado por transmitir sua experiência, criando e alimentando o interesse por estruturas metálicas em cada uma de suas aulas.

À Gyselle Liandra, minha amiga fiel dentro e fora da universidade, batalhando comigo em todos os períodos e juntos superamos cada um dos incontáveis trabalhos acadêmicos.

Aos meus também companheiros, José Victor, Eleomar Freitas e Pedro Alexandre, por todo companheirismo, paciência e apoio. Encontro em vocês amizades para uma vida inteira.

À Daniela Serafim Soares, Renan Machado Alves Vaz e Rafael Anderson Pereira Oliveira, pelos anos de amizade, apoio e pelas diversas aventuras e bons momentos vividos ao lado de vocês.

Aos meus companheiros de turma, pelas fortes amizades cultivadas no decorrer destes anos de curso.

Ao instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *Campus* palmas, pela minha formação acadêmica, sempre incentivando os graduandos à aplicar o conhecimento de forma correta e eficaz.

Aos professores do curso de Engenharia Civil do IFTO – *Campus* Palmas, por conseguirem repassar todos os seus conhecimentos durante esses anos de curso.

A todos vocês, obrigado!

RESUMO

Desde sua concepção, o mercado da construção civil caminha para um futuro mais industrializado e no Brasil, embora em uma escala menor das aplicações mundo a fora, não é diferente. Um dos diversos métodos de industrialização é o conceito de construção modular, uma solução construtiva que provém racionalização e um viés industrial para a construção civil. A construção modular consiste na pré-fabricação de módulos individuais que serão produzidos no ambiente fabril e transportados para serem montados no local da obra e, desta forma, solucionando diversos problemas como desperdício, incompatibilidade de projetos, problemas de execução e atraso de cronograma, além de garantir maior qualidade, controle e versatilidade do projeto e execução. O presente estudo consistiu em uma revisão bibliográfica da aplicação da metodologia modular na construção civil, sendo seu foco voltado à obras hospitalares desenvolvidas em prol da urgência por novos leitos durante a pandemia do novo coronavírus, relacionando os parâmetros base de projeto, planejamento e execução de obras tanto nacionais quanto internacionais, a fim de estabelecer uma base para discussão sobre a implementação do método construtivo e as barreiras da industrialização na construção. Logo, a partir desta pesquisa pode-se concluir que a construção modular, apesar de apresentar tantas vantagens quando comparada aos sistemas construtivos tradicionais, trata-se de uma alternativa construtiva situacional que possui suas maiores vantagens ressaltadas em momentos de crise ou em obras comerciais, onde sua popularidade depende diretamente do incentivo à industrialização no mercado da construção civil.

Palavras-chave: construção modular; coronavírus; racionalização; construção civil.

ABSTRACT

Since its conception, the civil construction market is moving towards a more industrialized future and in Brazil, although in a smaller scale of applications around the world, it is no different. One of the various industrialization methods is the concept of modular construction, a constructive solution that provides rationalization and an industrial bias for civil construction. Modular construction consists of the pre-fabrication of individual modules that will be produced in the manufacturing environment and transported to be assembled at the construction site and, in this way, solving various problems such as waste, project incompatibility, execution problems and schedule delay, in addition to ensure greater quality, control and versatility of the project and execution. The present study consisted of a literature review of the application of modular methodology in civil construction, focusing on hospital works developed in favor of the urgency for new beds during the new coronavirus pandemic, relating the basic parameters of design, planning and execution of works both nationally and internationally, in order to establish a basis for discussion on the implementation of the construction method and the barriers of industrialization in construction. Therefore, from this research it can be concluded that modular construction, despite having so many advantages when compared to traditional construction systems, it is a situational construction alternative that has its greatest advantages highlighted in times of crisis or in commercial works, where its popularity depends directly on encouraging industrialization in the civil construction market.

Keywords: modular construction; coronaviruses; rationalization; construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vãos normais e de esquina na arquitetura grega. 21
Figura 2 – Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C 21
Figura 3 – Malha da cidade de Emona 22
Figura 4 – Planta típica japonesa 23
Figura 5 – Palácio de Cristal após a construção. 25
Figura 6 – Le Modulor 27
Figura 7 – Exemplo de sistema de referência 30
Figura 8 – Reticulado modular espacial de referência 30
Figura 9 – Elementos construtivos de uma parede locados no sistema reticulado modular de referência 31
Figura 10 - Exemplo da utilização das malhas modulares 32
Figura 11 – Conceitos do sistema modular de medidas na prática 34
Figura 12 – Sistema modular fechado. 35
Figura 13 – Sistema modular parcialmente aberto. 36
Figura 14 – Sistema modular aberto. 36
Figura 15 – Painel modular pré-fabricado. 37
Figura 16 – Diversos sistemas aplicados em uma única edificação. 38
Figura 17 – Sistema modular misto. 38
Figura 18 – Steel frame, parede interna e externa. 40
Figura 19 – Componentes do painel estrutural. Da esquerda para direita, painel estrutural sem abertura; painel estrutural com abertura. 40
Figura 20 – Casa em Contêiners em Atibaia/SP 42
Figura 21 – Tetris Conteinar Hostel. 43
Figura 22 – Paredes de Concreto chegando ao local de construção. 44
Figura 23 – Sistema de paredes de concreto: montagem. 44
Figura 24 – Cadeia produtiva das paredes de concreto. 45
Figura 25 – Módulo sendo posicionado no radier sob as chapas metálicas. 49
Figura 26 – Módulo sendo posicionado na construção do edifício Level. 50
Figura 26 – Hospital M'Boi Mirim 51
Figura 28 – Localização do bloco de ampliação do hospital. 52
Figura 29 – Perspectiva do módulo utilizado 52
Figura 30 – Planta baixa do quarto coletivo. 53

Figura 31 – Renderização dos acabamentos internos dos quartos e banheiros. 54
Figura 32 – Vista explodida do módulo. 54
Figura 33 – Operação logística da produção dos módulos. 56
Figura 34 – Produção do módulo volumétrico 57
Figura 35 – Chassis de piso e cobertura acoplados para transporte. 58
Figura 36 – Módulos sendo transportados para o Anexo do M'boi Mirim. 58
Figura 37 – Módulos sendo acoplados no local do anexo. (BRASIL AO CUBO, 2020) 59
Figura 38 – Hospital M'boi Mirim 60
Figura 39 – Hospital Municipal Vila Santa Catarina 60
Figura 40 – Módulo sendo posicionado. 61
Figura 41 – Unidades erguidas por transportes verticais 62
Figura 42 – Modulo sendo posicionado in loco. 62
Figura 43 – Perspectiva dos ambientes internos. 63
Figura 44 – Transporte utilizando caminhão prancha. 63
Figura 45 – Vista externa da extensão acabada 64
Figura 46 – Extensão modular do Hospital Regional de Samambaia 65
Figura 47 – Base do módulo sendo soldada na chapa acima do radier. 65
Figura 48 – Canteiro de obras após terra planagem e execução do radier. 66
Figura 49 – Transporte vertical do módulo de tamanho convencional. 66
Figura 50 – Corredor acabado 67
Figura 51 – Quarto acabado. 67
Figura 52 – Extensão modular finalizada e vista de cima. 68
Figura 53 – Projeto do Hospital de *Houshenshan* em *Wuhan*, China. 69
Figura 54 – Divisão funcional do hospital. 70
Figura 55 – Unidade padrão de enfermaria. 71
Figura 56 – Limpeza do terreno para construção do hospital 72
Figura 57 – Limpeza do terreno para construção do hospital 73
Figura 59 – Armação do radier 73
Figura 59 – Processo de concretagem do radier 74
Figura 60 - Niveladores mecânicos para concreto 74
Figura 61 – Peça modular sendo transportada no canteiro. 75
Figura 62 – Módulo sendo posicionado na estrutura. 75
Figura 63 – Construção do hospital durante a noite. 76

Figura 64 – Módulo em fase de acabamento 76
Figura 65 – Hospital Huoshenshan sendo finalizado 77
Figura 66 – Divisão funcional do hospital.....78
Figura 67 – Unidade modular projetada para o hospital.....79
Figura 68 – Módulo pré-fabricado utilizado nas salas de isolamento. 80
Figura 69 – Processo de implementação do módulo 81
Figura 70 – Hospital *Leishenshan*. 82
Figura 71 – Módulo sendo erguido para posicionamento. 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Normas NBR ABNT para *Light Steel Frame*. 41
Tabela 2 - Nomes das regiões do módulo.....70
Tabela 3 – Tabela resumo de obras hospitalares 84

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	Aluminium Composite Material
BIM	Building Information Modeling
CAU/BR	Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil
NBR	Norma Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Problema de pesquisa 17
1.2 Justificativa 17
1.3 Objetivos 18
1.3.1 Objetivo Geral 18
1.3.2 Objetivo específico 18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19
2.1 Construção Modular – Da Origem à Atualidade 19
2.1.1 História da Construção Modular 19
2.1.1.1 Primeiro Período – Antiguidade: 20
2.1.1.2 Segundo Período – Revolução Industrial 23
2.1.1.3 Terceiro Período – A atualidade 25
2.2 Conceito da Construção Modular 28
2.3 Instrumentos da Construção Modular 29
2.3.1 Sistema de referência 29
2.3.1.1 Reticulado modular espacial de referência 30
2.3.1.2 Malhas Modulares 31
2.3.2 Sistema modular de medidas 32
2.3.2.1 Multimódulo 33
2.3.2.2 Submódulo 33
2.3.2.3 Medida modular 33
2.3.2.4 Medida de projeto do componente 33
2.3.2.5 Junta Modular 33
2.3.3 Sistema de ajuste modular 34
2.3.4 Sistema de números preferenciais 34
2.4 Classisficação dos Sistemas Modulares 35
2.4.1 Sistemas Modulares fechados 35
2.4.2 Sistemas modulares parcialmente abertos 35
2.4.3 Sistemas modulares abertos 36
2.4.4 Sistemas construtivos de elementos modulares 37
2.4.5 Sistemas modulares mistos 37
2.5 Sistemas Modulares 38
2.5.1 Light Steel Frame 39
2.5.2 Contêiners 42
2.5.3 Concreto 43
2.6 Construção Modular x Coronavírus 45
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 47
3.1 Tipologia da pesquisa 47

3.2 Planejamento e levantamento das obras e seus aspectos relevantes.....47

4 EXPERIÊNCIAS MODULARES BRASILEIRAS 47

4.1 Soluções construtivas.....48

4.1.1 Fundação.....48

4.1.2 O módulo 49

4.2 Obras nacionais 51

4.2.1 Hospital Municipal M' Boi Mirim 51

4.2.1.1 Projeto 51

4.2.1.2 Planejamento e logística.....55

4.2.1.3 Execução.....56

4.2.2 Hospital Municipal Vila Santa Catarina 60

4.2.3 Hospital Regional de Samambaia.....64

5 EXPERIÊNCIAS MODULARES INTERNACIONAIS.....68

5.1 Hospital de *Houshenshan* 69

5.1.1 Projeto.....69

5.1.2 Planejamento 71

5.1.3 Execução 72

5.2 Hospital *Leishenshan* 77

5.2.1 Projeto.....77

5.2.2 Planejamento e logística.....79

5.2.3 Execução 80

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....86

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....88

1 INTRODUÇÃO

O processo de industrializalção e o conceito de Fordismo estão intrinsicamente relacionados, tendo em vista que o fordismo é um método de organização da cadeia produtiva e do trabalho, definida pelo gerenciamento da mão de obra especializada em repetição de tarefas para execução de serviços ou produtos (TENÓRIO, 2011). Criado em 1914 por Henry Ford, tal modelo tornou-se um marco revolucionário na indústria automobilística, servindo de inspiração para inúmeros processos industriais em todo o mundo (MARTINS, 2020).

Neste cenário, assim como a indústria automobilística, a construção civil possui uma série de características relativas tanto ao seu processo produtivo quanto ao mercado em que está inserida. Logo, os conceitos e procedimentos criados pelas modernas teorias de gestão e organização, utilizadas em indústrias de bens de consumo, encontram certa dificuldade de implementação, necessitando assim de adaptações (BARROS e SABBATINI, 2003).

Todavia, apesar da industrialização na cadeia produtiva da construção ser uma tendência mundial, trazendo benefícios quando comparada ao sistema tradicional de construção, não é tão difundida no país (LORENCETO, 2019). Nesse ínterim, os sistemas tradicionais de construção são amplamente utilizados, trazendo consigo certas limitações e déficits que poderiam ser resolvidos com uma aceleração da industrialização na construção, buscando eficácia, qualidade e maior controle de custos e prazos (OLIVEIRA, 2019).

Por conseguinte, tal aceleração é impulsionada pela era tecnológica atual que favorece os modelos industrializados de construção, com aplicativos de modelagem eficientes, internet das coisas, BIM, automação e realidade virtual. Diante disso, os sistemas construtivos industrializados vem ocupando cada vez mais o espaço antes dominado pelo modelo tradicional de construção.

Contudo, apesar de parte das obras do ramo da construção civil não possuir repetição de escopo presente nas indústrias, em empreendimentos como condomínios e obras industriais há uma padronização da cadeia produtiva, como por exemplo, em projetos arquitetônicos. Segundo Martins (2020) essa padronização atinge diversos componentes construtivos como instalações hidráulicas e elétricas, estruturas e elementos de vedação.

Nesse sentido, os sistemas de instalações prediais são um exemplo simples e eficaz da industrialização na construção civil. Prova disso, no Brasil, é que já existem empresas como, a BARBI e Ambar, especializadas na produção de componentes presentes nos sistemas hidráulicos e elétricos e apenas sua montagem é realizada in loco (MARTINS, 2020).

É válido salientar ainda que, consoante à empresa Mobuss Construção (2019), uma das tendências para o setor é a Construção Modular, um conceito que prevê otimização de operações, aumento da produtividade e segurança, mais qualidade aos projetos e redução nos impactos ao meio ambiente e no tempo de conclusão.

Em suma, a construção modular pode ser definida como um processo que vai desde a concepção até a produção de componentes e módulos construtivos de uma casa ou edifício em uma fábrica, exercendo um impacto surpreendente na qualidade e na produtividade, sendo estes componentes e módulos apenas montados no canteiro.

Dessa forma, uma das vantagens garantidas pela construção modular é a agilidade pois, conforme Oliveira (2019), é comum que empreendimentos projetados e construídos utilizando o conceito modular sejam concluídos em até 1/3 do tempo esperado no modelo tradicional. Um grande exemplo brasileiro é o Centro de Tratamento em M’boi Mirim para pacientes com covid-19. A obra do hospital possui 100 leitos foi realizada em 40 dias devido a urgência que a pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2) trouxe para o país e para o mundo.

Em países asiáticos, como China e Japão, a construção modular é muito utilizada. Os japoneses constroem por ano cerca de 14 mil residências, sendo uma média de 40 casas por dia utilizando uma cadeia produtiva industrializada (CLUBE DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2020).

Portanto, a construção modular também carrega um viés sustentável, pois além de serem utilizados materiais reaproveitáveis e renováveis, o sistema reduz o desperdício e consequentemente os entulhos nos canteiros. Como afirma Lorenceto (2019), o sistema construtivo industrializado com paredes de concreto chega a reduzir cerca de 30% dos detritos gerados em comparação ao sistema convencional, o que no cenário atual é imprescindível. Diante disso, se faz necessário ampliar os horizontes produtivos acerca de maneiras não tradicionais, como a construção modular.

1.1 Problema de pesquisa

A priori, a construção do problema levou em conta a necessidade da industrialização na construção civil impulsionada pela construção modular que, por sua vez, promove a garantia de qualidade assegurada por práticas e rotinas de supervisão, geralmente são mais rigorosas e controláveis, trazendo assim um aumento significativo na produtividade e na segurança dos operários envolvidos. (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2019). Tal necessidade de industrialização da construção civil pode ser observada com maior clareza em momentos de crise como a atual pandemia do novo coronavírus (Sars-Cov-2) que, devido aos seus índices altos de infectividade, sobrecarregou os sistemas de saúde.

Assim, a construção modular apresenta diversas soluções construtivas diferentes que podem acelerar, de certa forma, o processo de industrialização em todo o ramo construtivo. Entretanto, sua implementação caminha de forma lenta, contrapondo o ritmo acelerado do desenvolvimento tecnológico e as necessidades emergenciais. Diante dessa problemática, por que o conceito modular não é aplicado em larga escala na cadeia produtiva da construção?

1.2 Justificativa

A princípio, é válido apontar que a alvenaria de vedação ou convencional é o sistema mais utilizado no Brasil em decorrência da não necessidade de mão de obra especializada, entretanto, este sistema pode trazer diversas patologias no decorrer da obra e após, gerando tanto retrabalho quanto uma quantidade considerável de entulho que impactam diretamente o meio ambiente. (PEREIRA, 2018). Contudo, apesar dos riscos ao meio ambiente, o tempo de execução, decorrente das falhas do cumprimento de cronogramas, também é um empecilho gerado por essa construção tradicional, haja vista que não se torna uma solução imediata em situações emergenciais.

Desta forma, embora a facilidade no surgimento de patologias, sua maior desvantagem é o que impulsiona o sistema construtivo, já que construção com alvenaria de vedação acaba se tornando a opção mais viável por conta da facilidade em encontrar mão de obra, muitas vezes não especializada. (VIVA DECORA PRO, 2020)

Esse viés é comprovado pela pesquisa realizada pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR) com o intuito de estudar como o brasileiro constrói. A pesquisa chegou à conclusão de que 54% dos entrevistados já haviam executado alguma construção ou reforma, porém menos de 15% contratou um engenheiro ou arquiteto na obra. (CAU/BR, 2015)

Além disso, vale citar que há outros sistemas construtivos que apresentam melhoria no quesito tecnológico quando comparados com o sistema convencional, porém não fazem tanto sucesso no Brasil como em outros países.

Por fim, a necessidade de agilidade na construção em momentos de crise, como na pandemia de covid-19, define um dos alicerces da discussão, e desta maneira, se torna necessário e de grande valia considerar a industrialização como um passo adiante para o futuro na construção civil como um todo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Discutir o conceito modular no âmbito da indústria da construção civil.

1.3.2 Objetivo específico

Explorar estudos de caso onde foi adotado o conceito modular de projeto focando em experiências brasileiras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção se resume a introduzir brevemente ao leitor as informações acerca do tema apresentado, como uma visão histórica, principais conceitos e procedimento de implementação.

2.1 Construção Modular – Da Origem à Atualidade

O capítulo a seguir é resultado da coleta de referencial teórico acerca do conceito de construção modular, atentando desde sua origem até a atualidade. Este referencial teórico foi levantado a partir de pesquisas pela internet, sendo parte do conteúdo retirado de artigos, dissertações e monografias, bem como páginas web de empresas focadas neste sistema construtivo.

Através do conteúdo pesquisado e apresentado neste capítulo, busca-se estabelecer o alicerce de informações necessário para que o leitor possa dar continuidade à leitura.

2.1.1 História da Construção Modular

Segundo Patinha (2011), o conceito de construção modular é antigo, tendo sofrido diversas evoluções com o tempo. O senso comum atribui à construção modular um significado simples: uma construção feita em “módulos”, “caixas” ou “blocos”, previamente fabricados, que são transportados e montados no local da obra, sem a necessidade da execução no canteiro. Todavia, ainda que o conceito se encaixe na construção modular, não diz respeito à totalidade do processo construtivo.

Desde a antiguidade, as culturas egípicia, grega e romana já utilizavam o módulo como uma unidade padrão. Diversos autores, como BREGATTO (2008), dividem a história da construção modular em três etapas cronólogicas distintas, para melhor entendimento acerca da evolução do sistema construtivo:

- Primeiro período: Desde os primórdios até o início do século XVIII. Tendo ênfase ao Egito, Grécia e Roma, que possuíam arquitetura concebida à base da “Modulação compositiva”;
- Segundo período: Abrange desde o século XVIII a metade do século XIX. Período referente à Revolução Industrial e caracterizado pela “Modulação da Produção e Concepção”;

- Terceiro período: Percorre desde a segunda metade do século XIX até à atualidade. Conhecida como “Coordenação modular”;

2.1.1.1 Primeiro Período – Antiguidade:

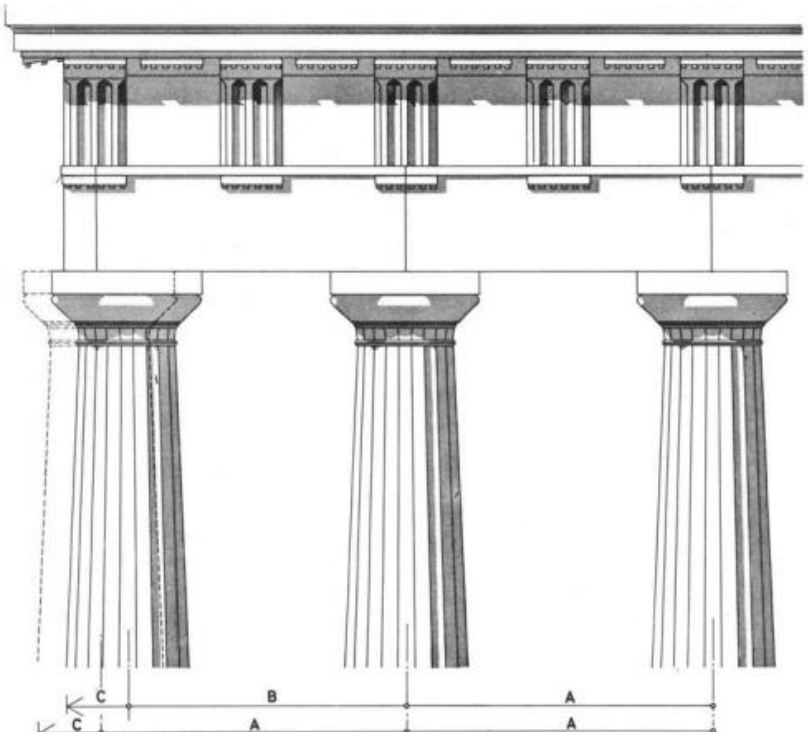
O primeiro período da coordenação modular diz respeito aos primórdios da civilização. Alguns autores como Patinha (2011) e Bregatto (2008) citam o antigo egito como um excelente exemplo da execução da modulação compositiva. A antiga civilização egípica utilizava “módulos”, ou blocos, para a construção das pirâmides. Porém, devido a toda questão da escravatura e do conceito de trabalho daquela época, os módulos tinham muito mais relações, ditas em dimensões ou o fato como era transportado, com a construção das pirâmides em si do que com o a capacidade do trabalhador de transportá-los.

A antiga civilização grega, por sua vez, possuía uma ideia bem mais desenvolvida sobre módulo que os paradigmas primitivos do Egito antigo. Para os gregos, o módulo, que era sua medida reguladora das proporções da construção possuía o objetivo de criar beleza e harmonia. (BREGATTO, 2008)

Os templos construídos utilizavam como base o diâmetro das colunas, que após algumas operações, gerava todas as dimensões dos demais elementos construtivos. (PATINHA, 2011) Essa metodologia aplicada pela civilização grega, dava um caráter mais relativo à unidade de medida, logo cada edifício poderia variar de acordo com as dimensões base da coluna.

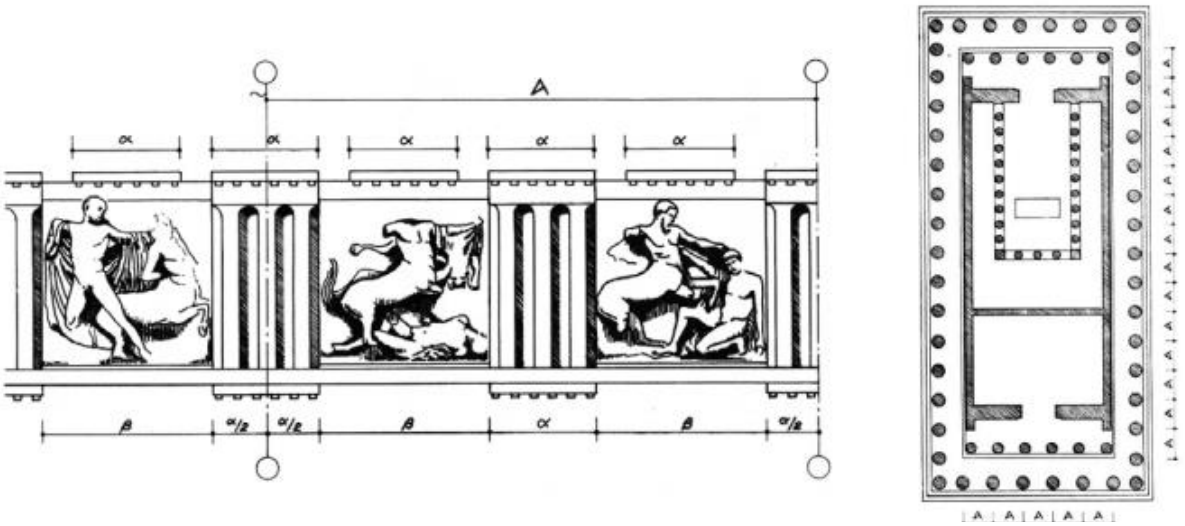
De acordo com BREGATTO (2008), uma coluna para possuir harmonia, deveria ter uma altura igual a seis vezes o seu diâmetro da base e, o entablamento (parte superior da construção, acima das colunas), deveria ser igual a um terço da altura, ou seja, igual a dois diâmetros. Todos os elementos construtitovs seriam dimensionados de acordo com o módulo referente à metade do diâmetro da coluna.

Figura 1 – Vãos normais e de esquina na arquitetura grega.



Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

Figura 2 – Casa grega de um pavimento, do ano de 448 a.C

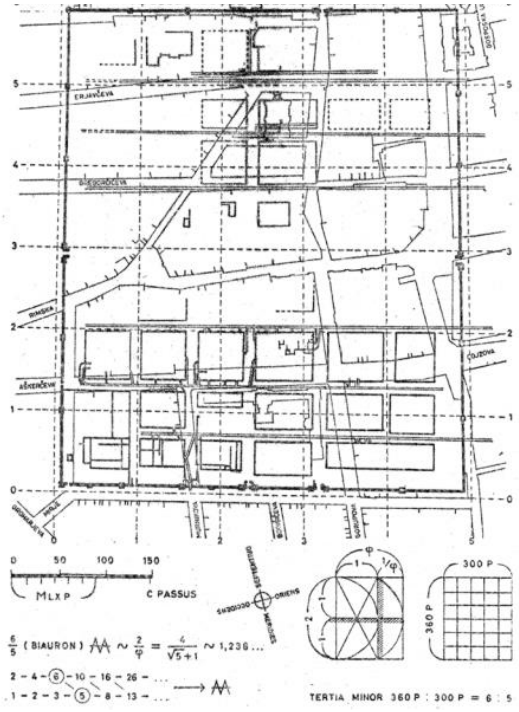


Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

Já para a civilização romana, todo planejamento, projeto e execução dos edifícios tinha uma caráter antropomórfico, onde todo conjunto de unidades de medidas vinham do homem, como: os pés, braços e etc. Ainda sob esse aspecto, os romanos acreditavam que o módulo criado a partir das dimensões do homem seria mais adequado, uma vez que as construções abrigavam o homem e suas atividades. (BREGATTO, 2008)

O povo romano era muito prático e pra exemplificar o planejamento das dicadades, podemos observar a cidade de Emona. Sua construção foi baseada em um módulo de 60 passus, que definia à cidade uma proporção de 6:5. A Figura 3 exibe a malha pela qual se organizava a cidade de Emona, que hoje se chama Liubliana, na Eslovênia. (GREVEN e BALDAUF, 2007).

Figura 3 – Malha da cidade de Emona



Fonte: Greven E Baldauf, 2007.

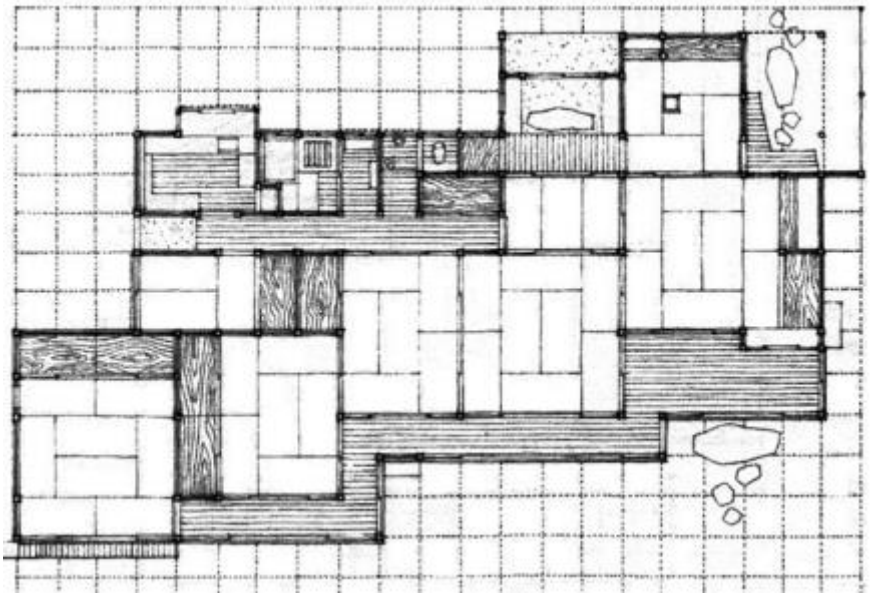
Por outro lado, a unidade clássica de medida japonesa era o shaku, possuía uma origem chinesa e era equivalente à medida de pé inglês, além de ser divisível em casas decimais (GREVEN e BALDAUF, 2007). Porém, na segunda metade da idade média fora implantada outra medida chamada ken, que foi normalizada na arquitetura habitacional. Inicialmente era utilizada somente para determinar distância entre colunas e não tinham uma dimensão física. Os tempos foram passando e o ken se tornou uma unidade de medida absoluta. (BREGATTO, 2008)

Segundo PATINHA (2011), o conceito modular denominava-se tatame e suas dimensões foram projetadas de acordo com as necessidades humanas antropomórficas, já que eram medidas que permitiam que pessoa se sentasse ou deitasse para dormir.

Como bem aponta BREGATTO (2008), as habitações japonesas utilizavam o número de tatames, que tinha uma modulação fixa de 1:2, para definir suas dimensões. Uma vez definida a dimensão absoluta dos tatames, poderia-se verificar um grande número de possibilidades de distribuição nas construções, sendo este o “módulo” japonês.

Na figura 4, é possível observar a distribuição em planta dos tatames, ditos kens, que ajudariam a definir o processo de construção comum na idade média japonesa.

Figura 4 – Planta típica japonesa



Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

2.1.1.2 Segundo Período – Revolução Industrial

O segundo período da dita coordenação modular diz respeito à revolução industrial, englobando o intervalo de tempo entre 1700 a 1850. Neste período, toda produção e concepção arquitetônica não mais era concentrada no homem, mas sim na máquina.

Neste período de expansão industrial, GREVEN e BADAUF (2007) afirmam que a criação e ampla utilização das estradas de ferro assim como das máquinas a vapor tiveram influência em toda construção civil daquele momento da história. Esta permitia que materiais pudessem ser exportados e as construções não só se limitavam ao que era disposto no local.

Além do transporte de materiais, o transporte de passageiros também sofreu mudanças nesse período, logo além de receber materiais de outros locais, os conhecidos “centros urbanos” recém formados recebiam pessoas e, portanto, potenciais trabalhadores.

O processo de verticalização nos conhecidos centros urbanos demandaram edifícios cada vez mais altos e robustos, bem como outras construções como portos, e armazéns, o que acaba confundindo a história da industrialização com a da construção civil. Estas construções necessitavam de materiais como ferro fundido e vidro, dando vida à arquitetura moderna. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

Com o passar dos anos, a modulação teve seus avanços tecnológicos e no período da revolução industrial não seria diferente. Partindo deste contexto, a modulação de produção e concepção pode ser estabelecida, tendo foco na produção de materiais utilizados em um projeto específico. (BREGATTO, 2008)

Pode-se dizer que a primeira construção que carrega a aplicação da Coordenação Modular, deixando para trás o conceito de módulo como unidade de medida, foi o Palácio de Cristal projetado por Joseph Paxton e construído entre 1850 e 1851. O edifício foi projetado para ser a sede da exposição universal em Londres e constitui um marco inicial do que conhecemos sobre construção pré-fabricada.

Durante o processo de concepção do Palácio de Cristal, surgiu a necessidade que a obra possuísse um caráter móvel, que fosse desmontável e a utilização de componentes pequenos e reutilizáveis. Joseph Paxton ganhou a disputa com seu projeto, já que os demais possuíam preços impraticáveis para aquela época devido à quantidade de aço utilizada na proposta.

Com os estudos e detalhamentos dos engenheiros Charles Fox e Henderson, todas as metodologias tecnológicas aplicadas e o controle de custos, a obra foi realizada em apenas 9 meses e dentro do orçamento previsto. (GREVEN e BALDAUF, 2007).

Logo, a estrutura de 71.500 m² foi construída com componentes pré-fabricados produzidos e montados no próprio canteiro. O módulo utilizado foi o vidro, sua aplicação foi realizada em grandes placas que possuíam no máximo 2,40m² (cerca de 8 pés). Através dessa dimensão, toda estrutura reticulada foi moldada e construída. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

Figura 5 – Palácio de Cristal após a construção.



Fonte: Kern, 2008.

2.1.1.3 Terceiro Período – A atualidade

Devido o processo de industrialização, diversos setores tiveram que passar por uma profunda reanálise e a construção civil foi um deles. Para garantir a continuidade de avanço tecnológico, profissionais desenvolveram diversos estudos sobre a pré-fabricação e Coordenação Modular.

O terceiro período perdura desde 1850 até os dias atuais, sendo caracterizado pela ideia de Coordenação Modular que compreendemos hoje. GREVEN e BALDUF (2007) afirmam que em 1921, o renomado arquiteto Le Corbusier já havia declarado que era preciso que as residências fossem fabricadas através de uma linha de montagem, como os automóveis.

O primeiro que desenvolveu estudos de viabilidade para utilização do conceito modular nas diretrizes da indústria da construção civil foi o americano Alfred Farwll Bemis. Em 1930, Bemis iniciou os primeiros estudos da nova técnica construtiva que deu o nome de “método modular cúbico”.

Em 1936, os estudos desenvolvidos por Bemis foram apresentados no terceiro volume de Rational Design do seu livro The evolving house, que significa a

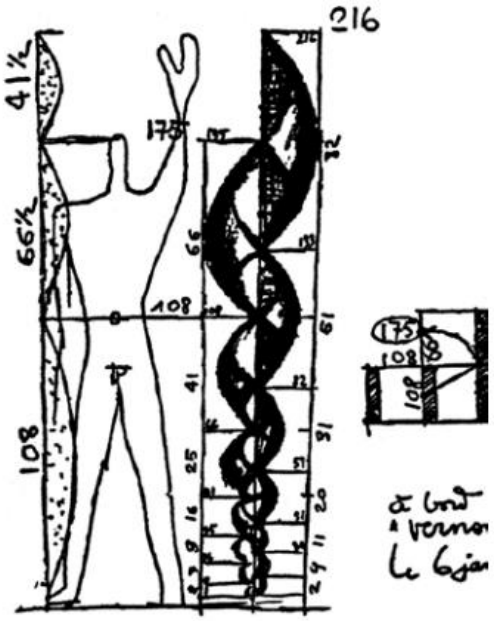
transformação da casa. Este livro traz fundamentos de uma teoria da construção modular que diz que todos os objetos envolvidos que tenham uma medida (módulo) comum, são comensuráveis entre si e pertencentes ao todo quando integrados na construção. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

Os estudos de Bemis tiveram continuidade através do Instituto Americano dos Arquitetos e pelo Conselho Nacional dos Produtores, sendo utilizados dois anos após o falecimento de Bemis, em 1938, onde a American Standard Association (ASA) iniciou um estudo com o fim de coordenar o dimensionamento dos componentes construtivos. A ASA publicou em 1946 a obra “A guide for Modular Coordination”.

Próximo à este período, a França dava o primeiro passo para padronização e normalização da Coordenação Modular, de fato. Estudos parecidos foram desenvolvidos e apresentados em 1942 à Associação Francesa para a Normalização (AFNOR), passando a ser um projeto de norma e por fim uma norma fundamental. Essa tendência foi seguida pelos Estados Unidos, Suécia e Bélgica nos anos seguintes, entre 1945 e 1948.

Como bem afirma BREGATTO (2008), neste mesmo período o conhecido Le Corbusier, preocupado com a composição harmônica da arquitetura após a publicação da norma francesa, estruturou um sistema de proporções, chamado *Le Modulor*, baseado nas dimensões estéticas da seção áurea, da série de Fibonacci e proporções da anatomia humana e o publicou em 1948. O segundo volume, denominado *Le Modulor II* foi publicado em 1954.

Figura 6 – Le Modulor



Fonte: Greven e Baldauf, 2007

Em 1941, os arquitetos Gropius e Wachsmann desenvolveram um sistema de pré-fabricação de painéis de madeira através da aplicação de uma retícula modular de 3 pés e 4 polegadas, articulados através de uma junta universal. O sistema foi utilizado pela empresa americana *General Panel Corporation*, que utilizou para produzir industrialmente os painéis.

Segundo BREGATTO (2008), na Inglaterra, os estudos foram desempenhados no decorrer da guerra pela *British Standard Institution* que definiu em 1947 uma comissão especial, responsável pela publicação do relatório *British Standard 1708 Modular Coordination* e mais tarde o *British Standard 2900*.

A Alemanha encontrava-se na mesma situação durante a Segunda Guerra. O Alemão Ernst Neufert realizou um estudo completo sobre o assunto, prevendo futuros problemas de reconstrução e os depositou em seu livro *Bauordnungslebre* que foi publicado em 1943. Neste livro, ele definia um sistema baseado no módulo de 12,5cm, com o o intuito de não fugir das dimensões tradicionais dos tijolos alemães.

Os estudos desenvolvidos por Neufert foram tão importantes que a DIN 4172, primeira norma alemã sobre coordenação modular, foi extraída de seus trabalhos e publicada em 1951. Através do sistema octamétrico pensado por Neufert, cerca de 4.400.000 habitações, desde 1965, foram construídas na Alemanha. Esta quantia é

equivalente a cerca de 50% de todas as construções realizadas no país. (GREVEN e BALDAUF, 2007)

Enquanto na Suécia, Bergvall e Dahlberg estudavam a Coordenação Modular, utilizando o módulo de 10 cm como base, a América do Norte utilizava o de 4 polegadas, equivalente a 10,06 cm. Vale salientar que este modelo de 4 polegadas foi sugerido por Bemis anos atrás, como uma dimensão de módulo mais racional.

A NB-25R elaborada pela ABNT no Brasil em 1950 é recomendada para “Modulação das Construções”, sendo reformulada em 1969. A norma brasileira, então reformulada, tratava a coordenação modular como um “reticulado modular” que deve ser empregado em três etapas da construção, sendo elas: o projeto, fabricação dos seus componentes e guia de utilização no local da obra. (BREGATTO, 2008)

A norma brasileira passou por diversas reformulações com o passar do tempo, a mais recente e em vigor é a NBR 15873 – Coordenação Modular, que reuniu cerca de 25 normas técnicas que tratavam da Coordenação Modular, visando padronizar dimensões de elementos construtivos utilizados na construção de uma edificação.

A NBR 15873 define o módulo básico de 100 mm, além de definir diversos termos atualmente utilizados da coordenação modular (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

2.2 Conceito da Construção Modular

A evolução do conceito modular trabalhada no capítulo anterior não nega a existência de diferentes definições no decorrer da história da humanidade. Dito isto, é interessante definir de vez o conceito de módulo já que este é a base de toda a metodologia.

Como bem afirma PATINHA (2011), diversos autores referem-se de formas diferentes a esta metodologia construtiva, chamando-a de “coordenação modular”, “coordenação dimensional modular” e “construção modular”.

As definições de todos os autores convergem no ponto onde é definido que os módulos são medidas previamente estabelecidas com o intuito de padronizar as componentes ou espaços, racionalizando o processo construtivo desde a concepção até a execução.

Neste contexto, a racionalização durante a concepção é dada na fase de projeto onde através da definição do módulo, são estabelecidas limitações quanto às

medidas que possam ser aplicadas em todo o projeto. Logo, embora torne a construção menos flexível à alterações, há um aumento na precisão construtiva.

Há também a racionalização presente durante a execução que pode ocorrer tanto na fase produção dos componentes na fábrica quanto após o transporte e a montagem no local de implantação. A produção em série possibilita um controle mais assíduo na qualidade, evitando desperdício e aumentando a padronização.

A montagem, por sua vez, tem essa racionalização presente na redução do desperdício pois como os elementos são transportados nas medidas de projeto apenas para encaixe, não são necessários cortes ou quaisquer alterações de sua morfologia inicial. (PATINHA, 2011)

De acordo com a NBR 15873, a coordenação modular se aplica ao projeto de edificações, ao projeto e produção dos componentes construtivos de todas as tipologias e à construção de edificações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Por fim, a utilização da metodologia proporciona um aumento na produtividade e na qualidade do produto final e, consequentemente, impacta na redução de custos e no tempo de construção.

2.3 Instrumentos da Construção Modular

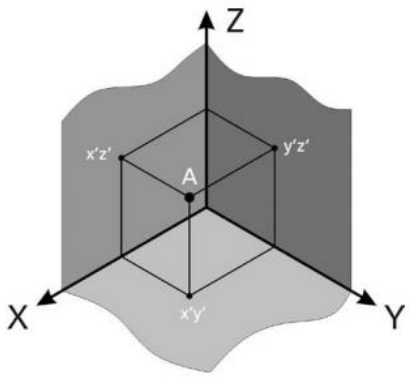
A coordenação modular conta com quatro instrumentos fundamentais que definem sua estruturação e fazem com que a metodologia seja implementada corretamente, sendo eles:

- Sistema de referência;
- Sistema modular de medidas;
- Sistema de ajuste modular;
- Sistema de números preferenciais.

2.3.1 Sistema de referência

O sistema de referência se assemelha aos sistemas cartesianos, utilizando eixos, pontos, linhas e planos. O sistema pode ser tanto bidimensional quanto tridimensional e tem o objetivo de definir a posição dos elementos construtivos no espaço, sendo utilizado tanto na concepção quanto na execução do edifício. (PATINHA, 2011)

Figura 7 – Exemplo de sistema de referência



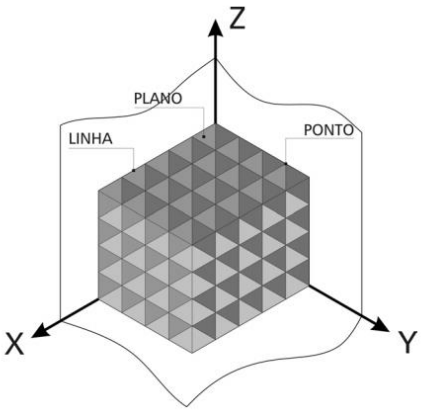
Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

Como bem afirmam GREVEN e BALDAUF (2007), o sistema de referência possui outros dois elementos básicos de referência, sendo o reticulado modular espacial de referência e o quadriculado modular de referência, sendo este último também conhecido como malha modular.

2.3.1.1 Reticulado modular espacial de referência

O reticulado modular espacial de referência possui linhas de intersecção que figuram um sistema de planos (Figura 8). Estes planos são separados por uma distância referente ao valor do módulo, além de serem paralelos a três planos ortogonais dois a dois (xy ou yz, por exemplo).

Figura 8 – Reticulado modular espacial de referência



Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

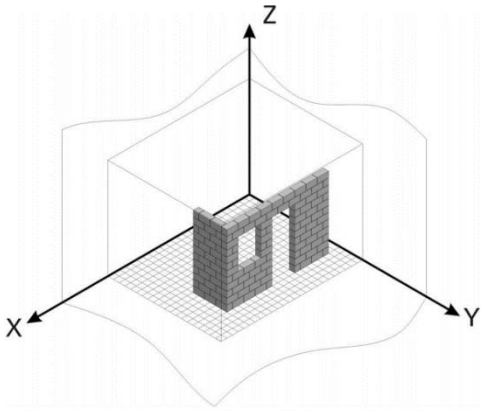
Utilizando essa malha espacial é possível posicionar os elementos construtivos em um ambiente controlado pelos valores do módulo, garantindo a organização dos espaços na construção civil.

2.3.1.2 Malhas Modulares

O quadriculado modular de referência (ou simplesmente malha modular) trata-se de um sistema referencial no plano. Neste sistema a representação gráfica do projeto é feita em vistas ortográficas sendo representadas por duas dimensões que podem ser mais ou menos apertada de acordo com o projeto idealizado. Existe uma subdivisão em relação as malhas por fases de projeto (GREVEN e BALDAUF, 2007), (PATINHA, 2011):

a) Malha modular propriamente dita: utilizada no projeto de componentes e detalhes;

Figura 9 – Elementos construtivos de uma parede locados no sistema reticulado modular de referência

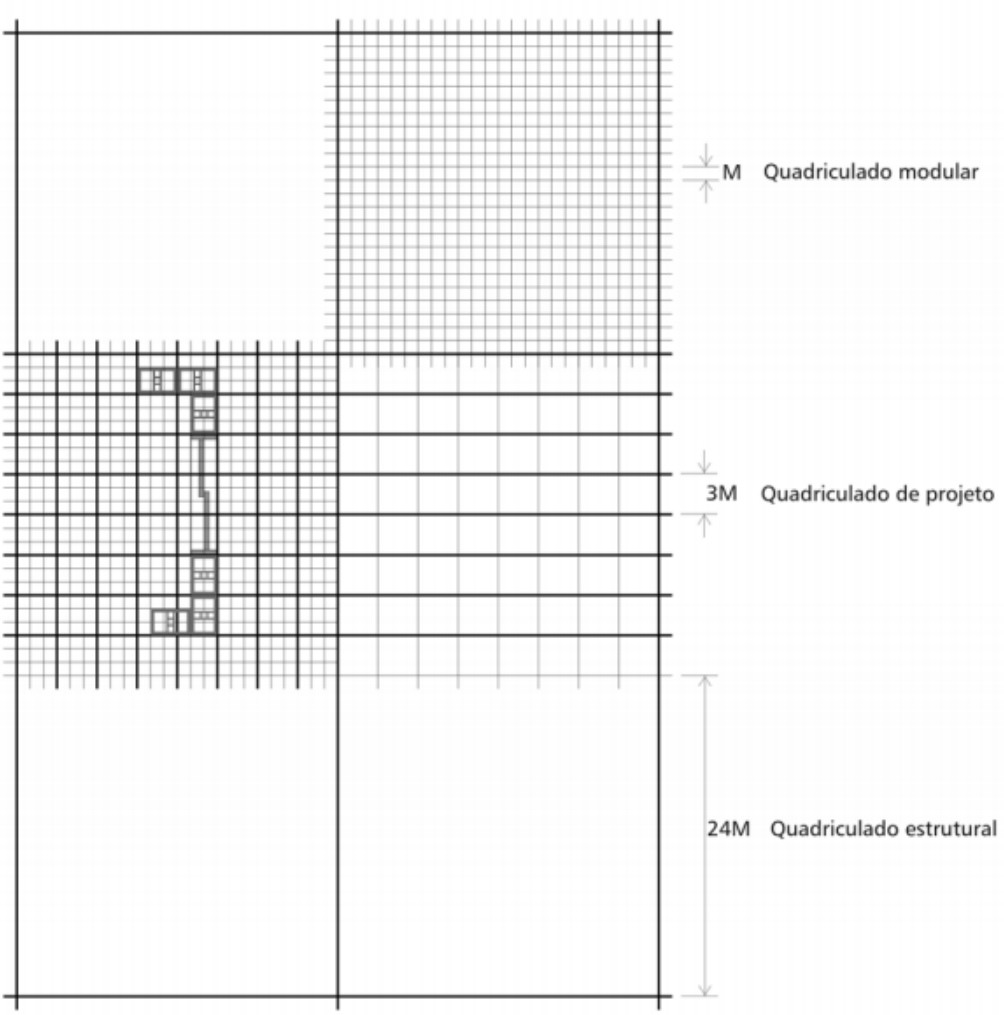


Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

b) Malha de projeto: utilizada para a criação do projeto geral da edificação;
c) Malha modular estrutural: malha que auxilia no posicionamento de elementos estruturais;

d) Malha modular de obra: malha utilizada na localização e orientação do edifício;

Figura 10 - Exemplo da utilização das malhas modulares



Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

2.3.2 Sistema modular de medidas

Este sistema possui o intuito de padronizar as dimensões de todos os elementos construtivos a partir de algumas dimensões base (ou módulos), podendo utilizar também múltiplos inteiros ou fracionários. De acordo com MASCARÓ (1976), autor citado por PATINHA (2011) e por GREVEN e BALDAUF (2007), as características deste sistema serão:

i. Conter as medidas funcionais e de elementos construtivos típicos;
ii. Ser aditiva em si mesma;
iii. Assegurar a intercambialidade das partes de acordo com a utilização de medidas múltiplas ou submúltiplas do módulo.

Para que fosse obedecida a proporcionalidade dos elementos construtivos, uma vez que há uma diversidade de dimensões diferentes neles, o sistema aplica o conceito de módulos e submódulos explicados a seguir: (PATINHA, 2011)

2.3.2.1 Multimódulo

O multimódulo é utilizado para dimensões maiores que o módulo, partindo de uma multiplicação das dimensões do módulo por um numero inteiro qualquer (n x M). Há diversas normas que regem valores diferentes para utilização deste conceito, todos compreendidos entre 3M e 60M.

2.3.2.2 Submódulo

Diferente do multimódulo, o submódulo trabalha com a divisão por este valor inteiro, sendo utilizado para valores menores que o módulo. Os números da base desta divisão modular (M/n) variam usualmente entre 2 ou 4.

2.3.2.3 Medida modular

A medida modular consiste em uma medida igual a um módulo ou múltiplo inteiro deste disposta em componentes ou vãos no projeto sendo esta somada ao valor de uma folga perimetral. Basicamente pode ser dito que a medida modular é a medida real do componente adicionada à sua tolerância de fabricação. Esta medida utilizada para um melhor encaixe durante a execução, evitando que os elementos sejam sobrepostos.

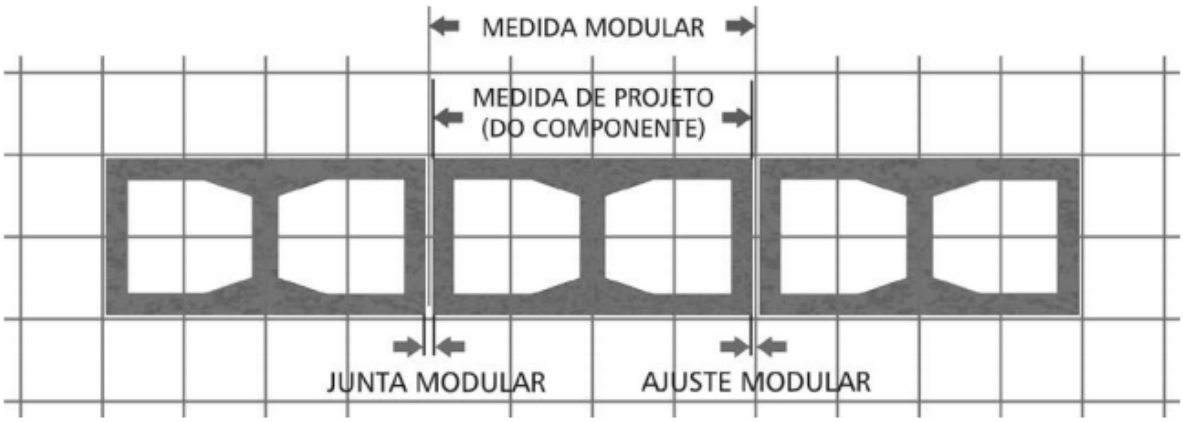
2.3.2.4 Medida de projeto do componente

Esta é a medida determinanda para o projeto, sendo sempre inferior à medida modular pois são inclusas as tolerâncias de fabricação do elemento construtivo e as juntas necessárias para que o elemento seja perfeitamente adaptado no local.

2.3.2.5 Junta Modular

É referente à distância de projeto entre dois elementos construtivos, levando em consideração a medida de projeto do componente.

Figura 11 – Conceitos do sistema modular de medidas na prática



Fonte: Greven e Baldauf, 2007.

2.3.3 Sistema de ajuste modular

A montagem de um componente construtivo no local previamente definido em projeto deve ocorrer sem que haja adaptações e cortes no material. Para que exista essa compatibilidade entre o projeto e a obra, utiliza-se a medida de ajuste modular.

Esta medida relaciona a medida nominal (prevista em projeto) e a medida modular (verificada na produção) e está definida na Figura 11

2.3.4 Sistema de números preferenciais

.O sistema de números preferenciais diz respeito à um sistema onde a produção dos elementos é definida de acordo com os multimódulos e submódulos tendo o objetivo de obedecer regras numéricas seletivas. A utilização deste sistema é necessária devido às características e formatos distintos de cada componente que, ao utilizar esse método, o processo produtivo e econômico são optimizados. (PATINHA, 2011)

Dito isto, esse sistema cria uma espécie de medidas favoritas para cada modulação, variando em dimensões de acordo com multimódulos e submódulos. Por exemplo, Patinha (2011) cita a medida de 600mm como número preferencial comumente utilizado na indústria do Light Steel Frame.

2.4 Classisficação dos Sistemas Modulares

A coordenação modular pode ser aplicada em ramos de diversas indústrias assim como na construção civil. Dito isto, antes de apresentar ao leitor sobre a implementação deste conceito em diferentes técnicas construtivas, é necessário introduzir as classificações presentes nos sistemas modulares apresentadas por Lawson (2007) e referenciadas por Patinha (2011):

2.4.1 Sistemas Modulares fechados

Sistemas modulares fechados, tipo células, são módulos onde o formato e a função se assemelham à contêiner, pré-fabricados, tendo um altíssimo grau de acabamento e padronização, podendo ser transportadas até o local da obra e tem o caráter “empilhável”, conectados à outros módulos ou suspensos por uma estrutura metálica.

Figura 12 – Sistema modular fechado.



Fonte: Zimmer, 2014.

2.4.2 Sistemas modulares parcialmente abertos

É um sistema com estrutura semelhante ao sistema fechado, contudo, possui aberturas laterais que permite a ligação entre outros módulos. Podem ser pré-

fabricados, com o isolamento antes do transporte para o local desejado, e empilháveis até vários módulos de altura.

Figura 13 – Sistema modular parcialmente aberto.



Fonte: Steel Construction, 2012.

2.4.3 Sistemas modulares abertos

Este sistema possui módulos abertos dos quatro lados, a sustentação dos pisos é realizada por vigas e por pilares laterais, e quando agrupados podem gerar espaços cobertos maiores.

Figura 14 – Sistema modular aberto.



Fonte: Steel Construction, 2012.

2.4.4 Sistemas construtivos de elementos modulares

Estes sistemas abandonam a definição de módulo como uma caixa fechada, semi-fechada ou aberta, pois os seus elementos tanto estruturais quanto não-estruturais são fabricados com dimensões base e propiciam uma montagem rápida e eficiente. Usualmente, são painéis pré-fabricados ou revestimentos de fachadas.

Figura 15 – Painel modular pré-fabricado.



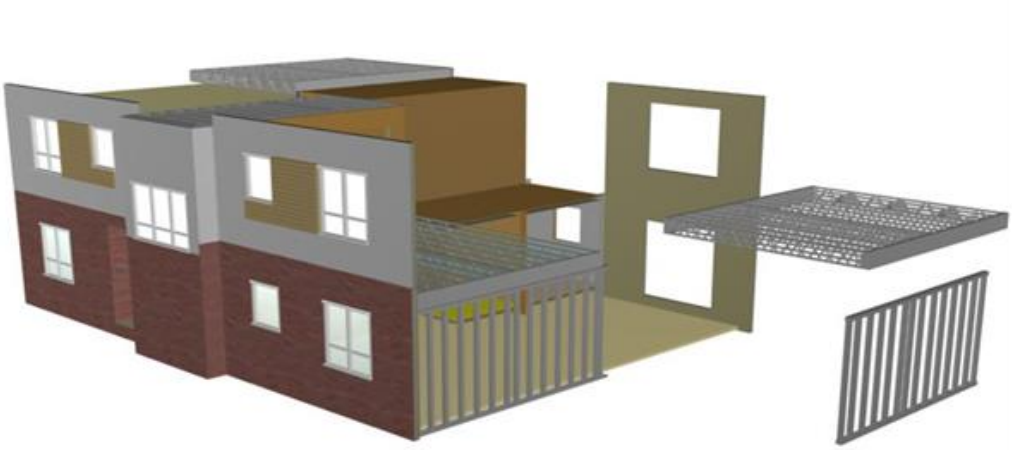
Fonte: Ernstsen, 2019.

2.4.5 Sistemas modulares mistos

Estes são sistemas que englobam diversos outros sistemas em caráter de pré-fabricação compondo assim a estrutura final da obra.

As figuras 16 e 17 exibem sistemas modulares mistos agregando dois ou mais dos sistemas previamente apresentados.

Figura 16 – Diversos sistemas aplicados em uma única edificação.



Fonte: Steel Construction, 2012.

Figura 17 – Sistema modular misto.



Fonte: Steel Construction, 2012.

2.5 Sistemas Modulares

Um sistema construtivo pode ser entendido como um conjunto de métodos que, através da combinação de processos (também chamados de subsistemas) dêem forma à edificação. Neste contexto, esse capítulo busca apresentar ao leitor a

aplicação prática do conceito modular em alguns dos sistemas contrutivos atuais atentando-se às suas principais características.

2.5.1 Light Steel Frame

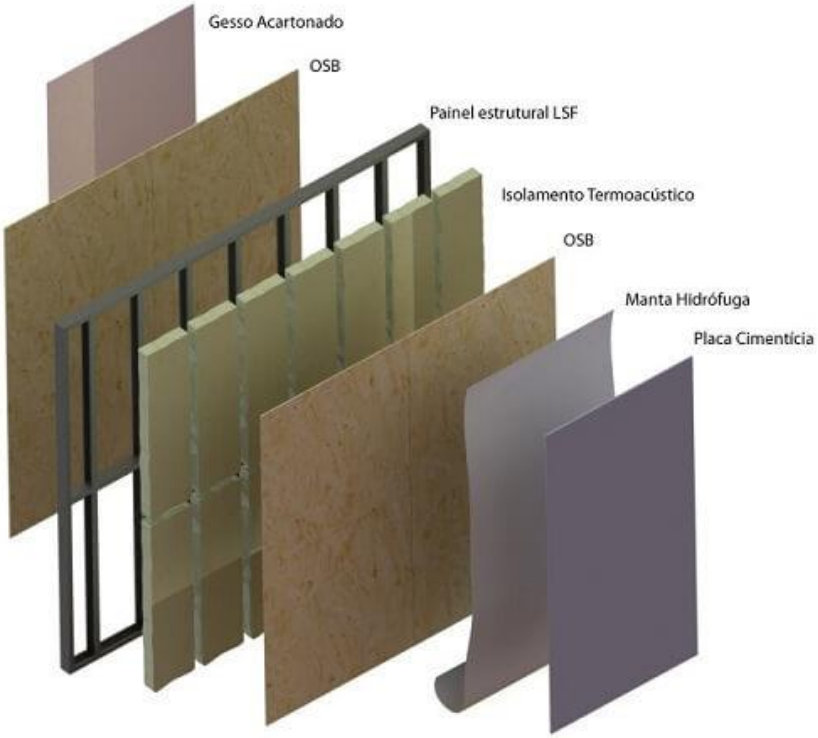
O steel frame ou light steel frame é traduzido para o português como estrutura de aço leve, possuindo a característica de um sistema de elementos modulares e um processo de fabricação altamente industrializado e racionalizado. (PEREIRA, 2019)

O sistema Light Steel Framing ou L.S.F. possui dois conceitos básicos, o primeiro deles diz respeito ao *Frame* que é o esqueleto estrutural que dá forma e suporta a edificação, sendo composto por perfis de aço galvanizado. O segundo é o conceito de framing que configura o processo pelo qual os elementos são unidos, resultando num sistema de painéis estruturais reticulados com perfis de aço de revestimento metálico. (RODRIGUES e CALDAS, 2016)

Além do esqueleto, o sistema também apresenta fechamento externo, isolamento termoacústico e fechamento interno. Esses elementos funcionam em conjunto, trazendo uma série de vantagens sobre o sistema construtivo convencional, tais como redução no prazo da obra; componentes estruturais mais leves; durabilidade; maior precisão da montagem de paredes e pisos e redução do desperdício.

A figura 18 mostra um esquema de uma parede em L.S.F, empregando gesso acartonado na face interna e placa cimentícia na parte externa. Essa versatilidade de materiais resulta em uma variedade de acabamentos de alto padrão que esse sistema pode proporcionar.

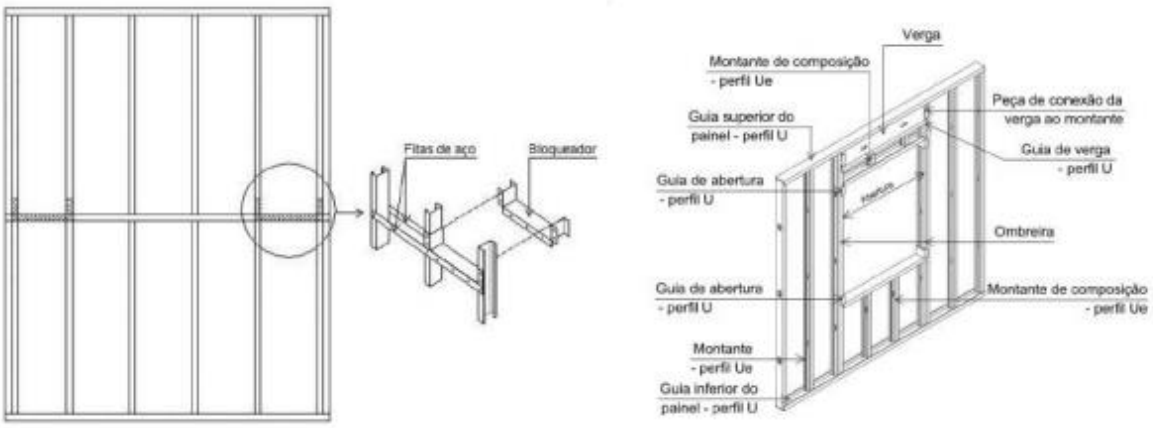
Figura 18 – Steel frame, parede interna e externa.



Fonte: VivaDecoraPRO, 2020.

Os painéis reticulados em aço galvanizado no sistema de Light Steel Framing são pensados e executados de maneira racionalizada, para que sua fabricação e montagem possam ser realizadas em grande escala. De acordo com Rodrigues et al. (2016), os perfis de aço galvanizado do tipo U são utilizados como montantes (equidistantes de 400mm ou 600mm, números preferenciais para esse sistema) para a execução das paredes com função estrutural, estruturas de telhados e pisos além das fachadas das edificações.

Figura 19 – Componentes do painel estrutural. Da esquerda para direita, painel estrutural sem abertura; painel estrutural com abertura.



Fonte: Rodrigues e Caldas, 2016.

Nesse contexto, de acordo com Pereira (2019), o Brasil possui normas ABNT NBR responsáveis por fundamentar a implementação e utilização das estruturas em L.S.F, sendo elas:

Tabela 1 – Normas NBR ABNT para *Light Steel Frame*.

NBR 6.355:2003	Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio - Padronização
NBR 14.715:2001	Chapas de Gesso Acartonado - Requisitos
NBR 14.717:2001	Chapas de Gesso Acartonado – Disseminação de Características Físicas
NBR 14.762:2001	Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio - Procedimento
NBR 15.217:2009	Perfis de Aço para Sistemas de Gesso Acartonado - Requisitos
NBR 15.253:2005	Placa Plana Cimentícia sem Amianto – Requisitos e Métodos de ensaio
NBR 15.498:2007	Chapas de Gesso Acartonado – Determinação das Características Físicas
DIRETRIZ SINAT Nº 003	Sistemas Construtivos em Perfis Leves de Aço Conformados a Frio, com Fechamento em Chapas Delgadas (sistema leve tipo “Light Steel Framing”)

Fonte: Pereira, 2019.

2.5.2 Contêiners

Outro sistema que emprega o conceito modular é o que utiliza contêiners como módulo. O sistema é categorizado como fechado ou parcialmente aberto e traz um acabamento industrial e maior agilidade na montagem.

Seguindo o mesmo escopo dos processos construtivos empregados no light steel framing, os containers costumam sair mobiliados e montados das fábricas, sendo essa a estrutura de produção de um sistema construtivo já difundido no ramo.

Figura 20 – Casa em Contêiners em Atibaia/SP



Fonte: Renove e Contêiner, 2020.

Dito isto, não é incomum que encontremos obras no Brasil empregando o conceito modular através dos contêiners e um bom exemplo é o *Tetris Conteiner Hostel*, que teve sua construção voltada para a redução do impacto ambiental. O Hostel utilizou 15 contêiners e conta com cerca de mil m².

O empreendimento foi inaugurado em 2014, em Foz Iguaçu no Paraná, tendo capacidade de hospedar 70 pessoas e contando com sistemas de redução dos impactos ambientais, como o redirecionamento da água da chuva pra utilização nos jardins. (LAFAETE, 2020)

Figura 21 – Tetris Conteinar Hostel.



Fonte: Lafaete, 2020.

2.5.3 Concreto

Estruturas pré-moldadas em concreto não são novidade para o ramo da construção civil, servindo como base de um sistema industrializado há bastante tempo. A utilização modular mais comum deste sistema é implementada nas paredes de concreto, onde estas servem de módulo, configurando um sistema construtivo com elementos modulares.

Segundo o engenheiro Nivaldo de Loyola Ritcher, diretor da empresa brasileira BPM – Pré-moldados o caráter produtivo do sistema em paredes de concreto é fundamentado a partir de módulos que regem as dimensões das peças planas, favorecendo a racionalização do projeto, redução dos custos, prazos e desperdícios no canteiro.

Figura 22 – Paredes de Concreto chegando ao local de construção.



Fonte: Cimento Itambé, 2020.

Figura 23 – Sistema de paredes de concreto: montagem.



Fonte: Cimento Itambé, 2020.

As peças em concreto são fabricadas em um ambiente controlado, logo as intempéries advindas do clima não influenciaram na qualidade do produto final. O

sistema, assim com os já apresentados, elenca vantagens semelhantes como agilidade no cronograma e redução de resíduos no canteiro.

Figura 24 – Cadeia produtiva das paredes de concreto.



Fonte: Cimento Itambé, 2020.

Além disso, as paredes de concreto são regidas pela norma Painéis de parede de concreto Pré-moldado - ABNT NBR 16475:2017, que estipula parâmetros para garantir o melhor desempenho do sistema construtivo. (CIMENTO ITAMBÉ, 2020)

2.6 Construção Modular x Coronavírus

A pandemia de COVID-19, ou também conhecida como pandemia do novo coronavírus foi declarada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em março de 2020. O vírus causador desta pandemia foi nomeado de Sars-Cov-2, tendo seu primeiro epicentro em *Wuhan*, na China. (VEJA SAUDE, 2020)

Diante da periculosidade do vírus e a facilidade na transmissão, em diversos lugares do mundo foi instaurado o Lockdown, onde serviços não essenciais foram

fechados a fim de atrasar a propagação do vírus. Essa nova realidade trazida ao mundo foi encarada de maneira diferente pela sociedade e pelas indústrias, principalmente a indústria da construção civil.

O crescimento no número de casos do novo coronavírus no Brasil trouxe consigo um aumento pela demanda dos serviços de saúde em um curto período de tempo e a disponibilidade de leitos não acompanha tal crescimento. Dito isto, a estratégia usualmente adotada é a implementação de hospitais de campanha.

Nesse ínterim, os hospitais de campanha são uma das principais estratégias de controle durante a pandemia, provendo um aumento emergencial no número de leitos e devem ser estruturados de acordo com recomendação da ANVISA. (Secretaria de Saúde Minas)

Devido o seu caráter emergencial e provisório, os hospitais de campanha tendem a ser mantidos durante os períodos de crise mas desmanchados após o uso e, dessa forma, os recursos ali investidos são retornados e a falta destes leitos afetam os usuários do Sistema Único de Saúde (SUS) como um todo.

Sendo assim, buscando oferecer uma maior longevidade aliada à necessidade de rápida construção que não poderia ser executada através da metodologia tradicional, a empresa Brasil ao Cubo, especializada em construção modular, executou diversos hospitais em várias cidades do país. Essas execuções acabam comprovando a agilidade e qualidade que um sistema industrializado e racionalizado podem prover para a sociedade, mesmo em momentos mais difíceis.

Neste contexto, um dos grandes exemplos destas obras racionalizadas da empresa no brasil é o hospital localizado em M’boi Mirim, em São Paulo, desenvolvido para atender pacientes com covid-19, tendo 100 leitos e executada em cerca de 40 dias.

Segundo a Brasil ao Cubo, utilizando um sistema construtivo tradicional, cada metro quadrado construído levaria cerca de 80 horas de trabalho e através da metodologia modular empregada, este valor caiu para 10 horas. A mesma metodologia construtiva foi utilizada em *Wuhan*, epicentro do surto de coronavírus, contando com um hospital de 1,5 mil leitos construído em somente 10 dias. (BRASIL AO CUBO, 2020)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Tipologia da pesquisa

De acordo com Gil (2007) citado por Gerhart e Silveira (2009), o presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa qualitativa descritiva através de estudos de caso, onde busca-se comprovar e discutir a eficiência provida pela metodologia modular.

3.2 Planejamento e levantamento das obras e seus aspectos relevantes

A pesquisa foi realizada tendo como base periódicos, o portifólio da empresa Brasileira Brasil ao Cubo e informações de sites estrangeiros acerca de obras hospitalares modulares executadas durante a pandemia do novo coronavírus.

O acervo de obras hospitalares reunido contempla um total de 5 obras que utilizam a construção modular previamente apresentada ao leitor. Devido ao foco maior em experiências brasileiras, foram elencadas 3 obras projetadas e executadas pela empresa referida em diversas cidades do país e outras 2 obras de grande porte executadas fora do país, na China.

Como as experiências brasileiras foram executadas por uma única empresa, o escopo e os processos de execução são bastante parecidos e, a fim de evitar um acúmulo de informações duplicadas, optou-se pela elaboração de um resumo das soluções construtivas e o detalhamento mais elaborado de um dos empreendimentos.

Tendo em vista as obras selecionadas, foram levantados aspectos relevantes focados em três pilares básicos da construção civil que são: projeto, planejamento e execução e, desta maneira, a relação entre as obras nacionais e internacionais foi estabelecida.

4 EXPERIÊNCIAS MODULARES BRASILEIRAS

Brasil ao cubo é uma empresa que foi criada em meados de 2016 e desde sua idealização tem em vista a implementação da industrialização na construção civil, aplicando soluções construtivas agéis e a metodologia *off-site*, onde grande parte da produção é realizada fora do canteiro.

Tendo esse viés industrializado em vista, a empresa executou diversas construções por todo o país sendo que, no período da pandemia, foram 7 obras hospitalares com um prazo médio de **33 dias,** desde sua concepção até sua conclusão.

São elas:

- Hospital Municipal M' Boi Mirim, São Paulo – SP (33 dias);
- Hospital Municipal Vila Santa Catarina, São Paulo – SP (37 dias);
- Hospital Regional de Samambaia, Samambaia – DF (34 dias);
- Hospita Regional de Ceilândia, Ceilândia – DF (34 dias);
- Unidade de Pronto Atendimento, São José dos Campos – SP (36 dias);
- Hospital Cemetron, Porto Velho – RO (35 dias);
- Hospital Independência, Porto Alegre – RS (28 dias);

4.1 Soluções construtivas

4.1.1 Fundação

O sistema *off-site* modular da Brasil ao Cubo utiliza aço em toda estrutura a fim de reduzir o peso da construção como um todo e exigindo fundações menos complexas, optando então por três tipos de fundações: radier, viga baldrame e sapata isolada.

A sapata isolada é uma fundação simples e de menor custo, comumente utilizada pela empresa em execução de obras térreas.

O radier, por sua vez é uma fundação prática e rápida utilizada quando o objetivo é acelerar o processo de fundação. Sobre o radier são chumbadas as chapas que definirão a posição exata de onde as bases dos módulos serão colocadas, conforme a figura abaixo.

Figura 25 – Módulo sendo posicionado no radier sob as chapas metálicas.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

A viga baldrame, por sua vez, é adotada pela empresa quando o prazo de execução é mais longo, sendo uma solução construtiva mais econômica que o radier e geralmente é utilizada em terrenos que possuem desnível.

4.1.2 O módulo

O conceito de modularização é bem implementado nas execuções da empresa brasileira, uma vez que cada módulo é uma tipologia “única” que será conectada às demais no futuro. Sendo assim, os sistemas hidro-sanitário, elétrico e lógico são instalados de maneira individual e, através da metodologia *plug and play*, estão prontos pra conexões adjacentes podendo ou não serem ocultos por shafts.

A figura 26 ilustra o módulo sendo posicionado durante a execução do Edifício Level e nota-se as instalações hidro-sánitárias e elétricas previamente posicionadas na parte inferior do mesmo

Figura 26 – Módulo sendo posicionado na construção do edifício Level.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Na fachada há uma preferência por materiais industrializados como placas cimentícias, painéis em ACM ou isoeste que facilitam a modulação e provém um aumento no controle da qualidade e prazos.

Geralmente o tamanho das paredes varia de acordo com os acabamentos e são determinadas pelo núcleo técnico da empresa durante o período do desenvolvimento do projeto estrutural.

- Paredes externas – 16cm;
- Paredes internas – 14cm;
- Paredes com descida pluvial e shaft – 20cm;

Quanto às dimensões máximas e mínimas do módulo adotadas pela empresa, tem-se:

- Dimensão máxima – 15.00 x 3.80 x 3.90m
- Dimensão máxima ideal – 12.00 x 3.20 x 3.20m
- Dimensão mínima – 2.00 x 2.00 x 3.20m

4.2 Obras nacionais

4.2.1 Hospital Municipal M’ Boi Mirim

A obra de extensão do Hospital M’Boi Mirim foi, das obras elencadas, a que mais dispunha informações em periódicos e no site da própria empresa e trata-se de de uma expansão idealizada e concluída no ano de 2020.

A expansão foi concluída em apenas 33 dias e possui uma área construída de 1320m², sendo proposta pela Ambev e a Gerdau, juntamente à prefeitura de São Paulo e o Hospital Israelita Albert Einstein a fim de suprir permanentemente a demanda por leitos hospitalares. (BRASIL AO CUBO, 2020)

Figura 27 – Hospital M’Boi Mirim



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

A construção foi executada 90% em parque fabril através de uma linha industrializada de montagem que, quando finalizados, eram transportados até o local da instalação, o que garantiu ao empreendimento a racionalização de tempo e desperdícios, assegurando um maior controle de qualidade, gestão de resíduos e racionalização de consumo. (BRASIL AO CUBO, 2020)

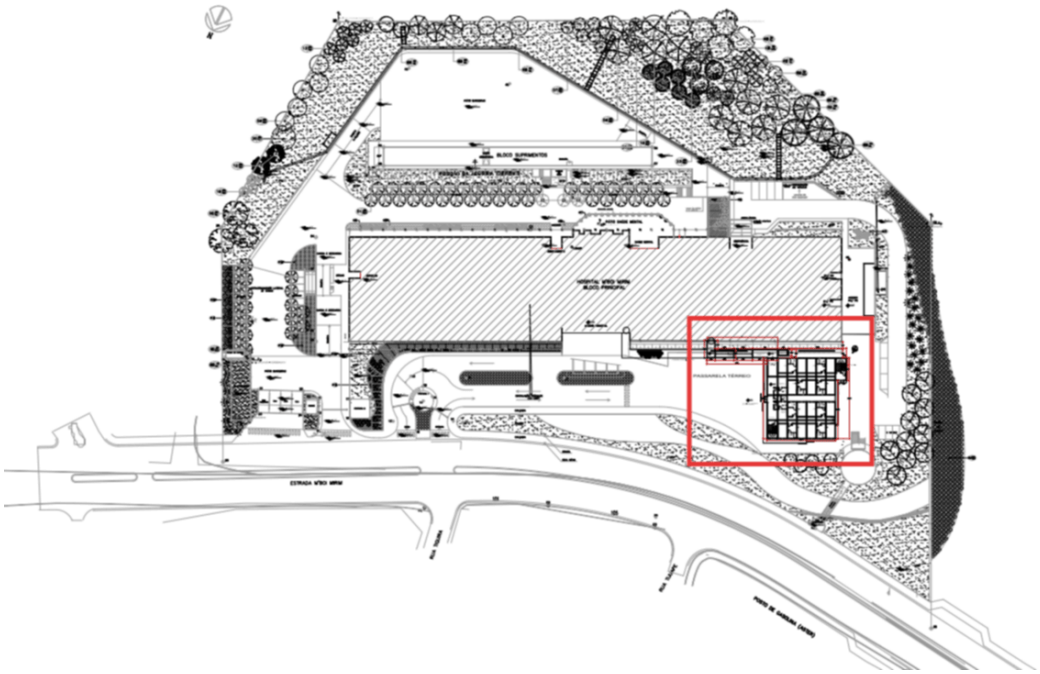
4.2.1.1 Projeto

O projeto consiste em módulos metálicos pré-fabricados a fim de acrescentar um maior número de leitos ao Hospital M’Boi Mirim. A construção foi realizada em dois

pavimentos, sendo 48 módulos ao total, adicionando 100 leitos e 8 módulos para áreas de apoio.

O anexo e a construção antiga são interligados através de uma passarela. A figura 28 exibe a localização do bloco de ampliação do hospital.

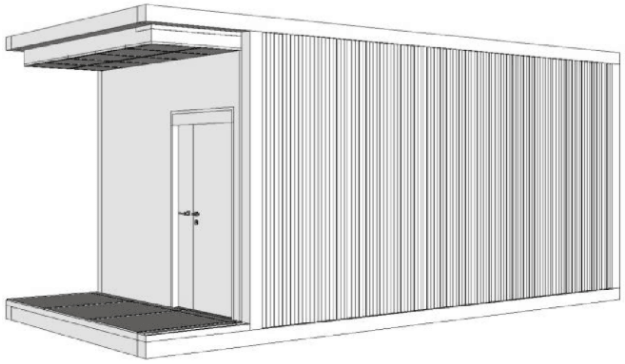
Figura 28 – Localização do bloco de ampliação do hospital.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

A figura 29 retrata a perspectiva de um dos módulos produzidos e transportados até o local de montagem do Hospital.

Figura 29 – Perspectiva do módulo utilizado



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

O módulo conta com dimensões de 6.0 x 3.20 x 3.20m, as quais estão dentro das dimensões mínimas e máximas adotadas pela empresa. A cada rearranjo de 3

módulos foi acoplado um quarto coletivo com capacidade para até 7 pacientes, possuindo uma área útil de 35,44m² e área total de 40,66m², ilustrado na figura 30.

Figura 30 – Planta baixa do quarto coletivo.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

De acordo com a Brasil ao Cubo e ainda no contexto de projeto, o acabamento interno foi realizado com gesso acartonado e pintura epóxi; forro de gesso e pintura em tinta acrílica; piso vinílico em quartos, áreas de apoio e corredores, além de piso porcelanato nos banheiros.

Figura 31 – Renderização dos acabamentos internos dos quartos e banheiros.

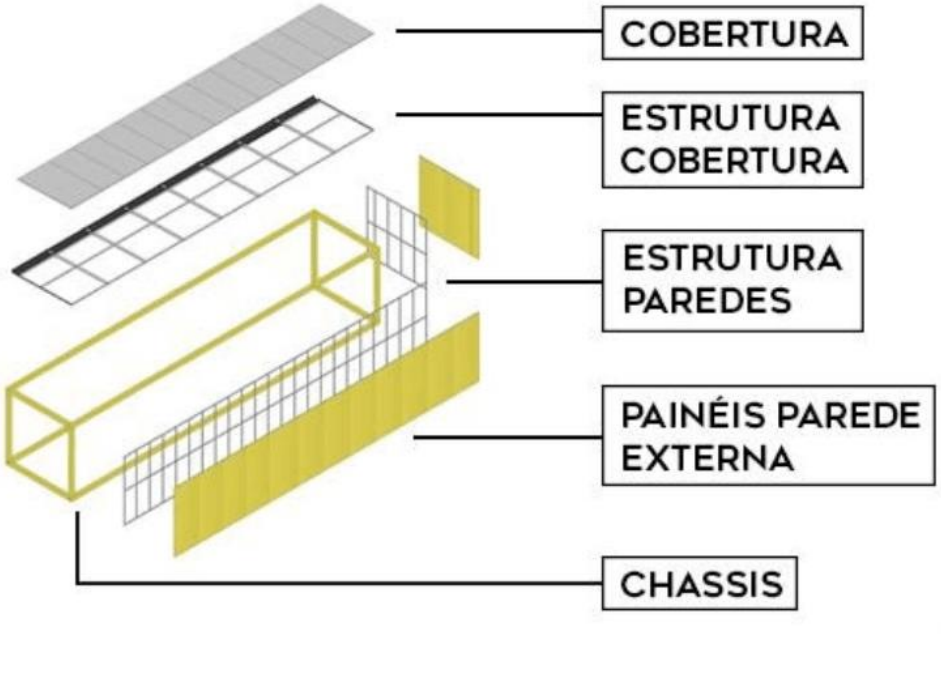


Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

Já o acabamento externo foi realizado com chapas ACM, um material composto por duas chapas de alumínio e um núcleo de polietileno de baixa densidade.

Através da figura 32 é possível notar os elementos deslocados do módulo, facilitando a compreensão a montagem.

Figura 32 – Vista explodida do módulo.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

4.2.1.2 Planejamento e logística

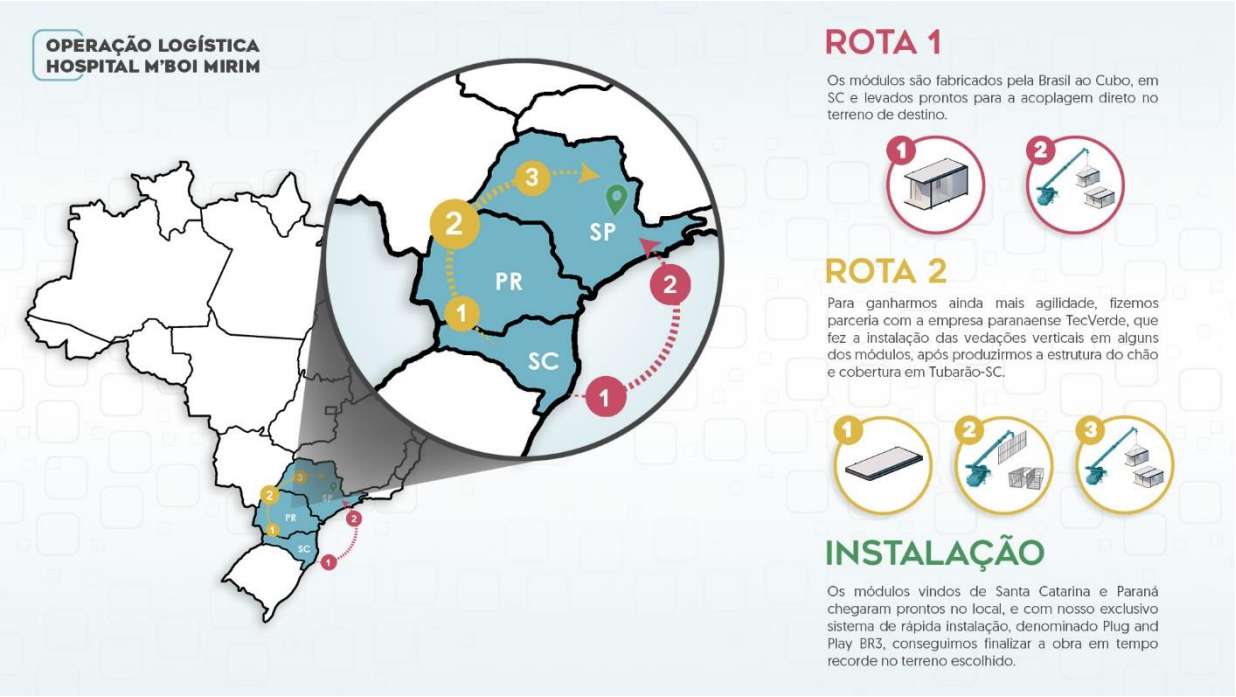
O projeto tinha um prazo estipulado de 40 dias de execução, sendo entregue em 33 dias, uma semana antes do previsto. Para atingir tal fato, as operações de execução da ampliação do Hospital M'Boi Mirim foram dividas em 6 frentes de serviço:

- Infraestrutura em São Paulo;
- Produção de chassis (estruturas de piso e cobertura do módulo) na empresa Brasil ao Cubo em Tubarão/SC;
- Fabicação das paredes em Wood frame na empresa Tecverde em Araucária/PR;
- Montagem das paredes na empresa Tecverde em Araucária/PR;
- Fabricação de módulos volumétricos (união das paredes e chassis de piso e cobertura) na empresa Brasil ao Cubo em Tubarão/SC;
- Acoplagem e acabamentos dos módulos em São Paulo;

Cada uma das frentes de serviço possuía seu próprio ciclo operacional e capacidade produtiva, sendo adequados às informações de projeto, capacidade de acoplagem e espaço físico no terreno, número de funcionários e equipamentos. As frentes foram organizadas de forma a funcionar em paralelo, a fim de entregar o produto final de maneira ágil e efetiva. (BRASIL AO CUBO, 2020)

Nesse interim, foram produzidos 12 módulos com dimensões de 3.20 x 6.00m, 44 chassis, sendo 22 para cobertura e 22 para o piso. A logística foi ilustrada na figura abaixo:

Figura 33 – Operação logística da produção dos módulos.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

4.2.1.3 Execução

Através da metologia modular e os processos industrializados de produção, os módulos e os chassis (piso e cobertura) foram fabricados na sede da Brasil ao Cubo em Tubarão/SC, como bem ilustram as figura 34 e 35.

Os módulos da empresa contam com perfis metálicos da Gerdau, onde foram aplicados perfis W nas vigas e pilares; perfis U na estrutura do piso.

Figura 34 – Produção do módulo volumétrico



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

Após a fabricação, os chassis de piso e cobertura eram acoplados de tal forma que facilitasse o transporte e manuseio dos mesmos (figura 35).

Figura 35 – Chassis de piso e cobertura acoplados para transporte.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

O transporte dos módulos foi realizado com o auxílio de caminhões-prancha até o local de instalação em São Paulo/SP (figura 36).

Figura 36 – Módulos sendo transportados para o Anexo do M’boi Mirim.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

Toda a montagem dos módulos que, através da tecnologia *plug and play*, já possuíam instalações perfeitamente funcionais ainda que de maneira individual foi realizada no local com o auxílio de gruas, como exibido na figura 37.



Figura 37 – Módulos sendo acoplados no local do anexo. (BRASIL AO CUBO, 2020)

Por fim, a fachada e demais acabamentos externos é finalizada, possuindo um aspecto moderno ao utilizar chapas metálicas (figura 38). Vale salientar que no vigésimo dia da execução, parte das instalações já haviam sido liberadas a fim de suprir a carência emergencial de leitos devido à covid-19.

Figura 38 – Hospital M’boi Mirim

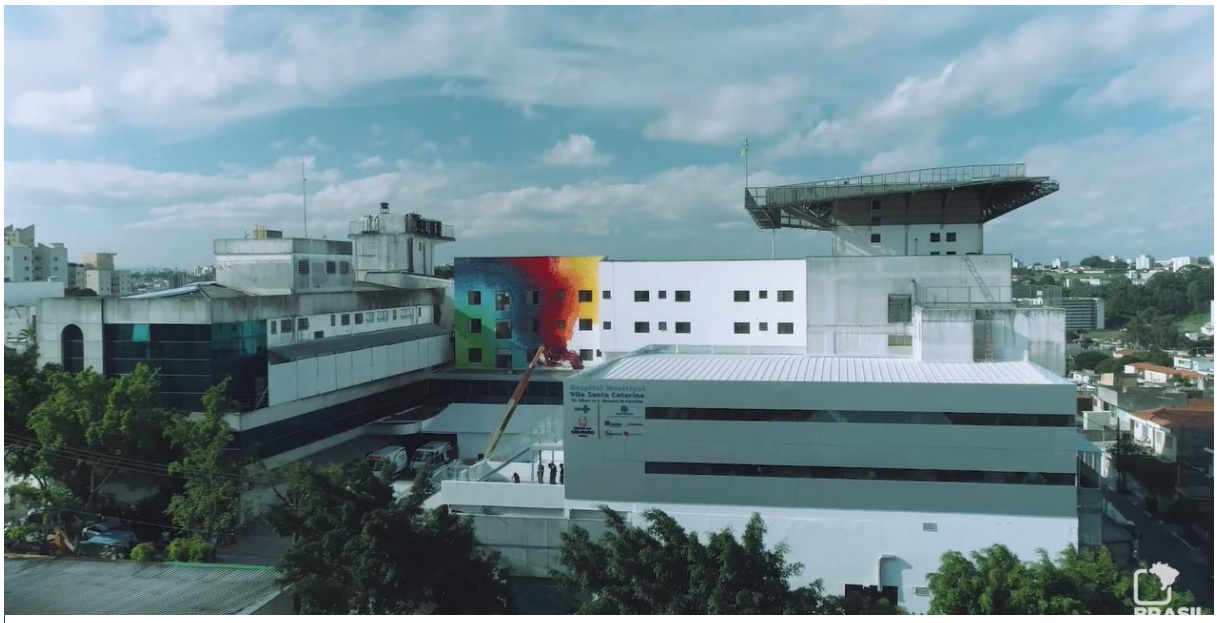


Fonte: Brasil ao Cubo, 2020.

4.2.2 Hospital Municipal Vila Santa Catarina

A obra modular em questão trata-se de uma extensão do Hospital Municipal Vila Santa Catarina (figura 39), entregue à capital Paulista e está localizada na Zona Sul do município.

Figura 39 – Hospital Municipal Vila Santa Catarina



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

O empreendimento possui cerca de 1.064 metros quadrados de área total, além de acrescentar mais de 40 leitos de terapia intensiva para combate à pandemia do novo coronavírus. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2021)

O valor investido no empreendimento foi de R$ 22,5 milhões e foi idealizado através de uma parceria entre o município e a iniciativa privada.

Através da figura 40 é possível notar o módulo utilizado no empreendimento. Este possui perfis metálicos e as instalações foram previamente alocadas fazendo uso do sistema *Plug and Play*, encaixando-o nas estruturas adjascentes.

Figura 40 – Módulo sendo posicionado.



(BRASIL AO CUBO, 2021)

As figuras 41 e 42 exibem o transporte vertical dos módulos e seu perfeito posicionamento in loco.

Figura 41 – Unidades erguidas por transportes verticais



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Figura 42 – Modulo sendo posicionado in loco.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

A partir da figura 43 é possível verificar tanto a passagem dos eletrodutos e o quanto o ambiente se torna livre de resíduos ao utilizar essa solução construtiva industrializada.

Figura 43 – Perspectiva dos ambientes internos.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

.

E o transporte até o local foi realizado utilizando caminhões prancha, como pode ser observado na figura 44.

Figura 44 – Transporte utilizando caminhão prancha.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Por fim, a fachada do empreendimento com um acabamento moderno executado em chapas metálicas (figura 45).

Figura 45 – Vista externa da extensão acabada



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

4.2.3 Hospital Regional de Samambaia

O Hospital Regional de Samambaia recebeu uma extensão modular totalmente paga por doações da iniciativa privada e entregue para uso da população de Brasília/DF. O empreendimento conta com cerca de 1.380m² de área construída, acrescentando 98 leitos de enfermaria e quatro de isolamento, totalizando 102 leitos. (AGÊNCIA BRASÍLIA , 2021)

A obra foi finalizada em apenas 34 dias, antes do prazo estipulado, gerou cerca de 150 empregos e o total arrecadado no período da concepção foi de R$ 9 milhões que custeou toda construção. A figura 46 exibe a expansão finalizada:

.

Figura 46 – Extensão modular do Hospital Regional de Samambaia



Fonte: Agência Brasília, 2021.

A fundação da extensão do hospital foi executada em radier, com placas de aço previamente posicionadas a fim de receber as bases dos módulos utilizados (figura 47).

Figura 47 – Base do módulo sendo soldada na chapa acima do radier.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

É possível observar na figura 48 uma visão ampla do canteiro poucos dias após o início da execução, com atenção especial aos mecanismos de transporte vertical dos módulos.

Figura 48 – Canteiro de obras após terra planagem e execução do radier.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

A figura 49 exibe o transporte vertical do módulo a fim de ser posicionado *in loco*, com atenção às instalações de ar condicionado abaixo da esquadria, denotando novamente a ideia do módulo *Plug and Play,* devidamente preparado e pronto pra encaixe e uso.

Figura 49 – Transporte vertical do módulo de tamanho convencional.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

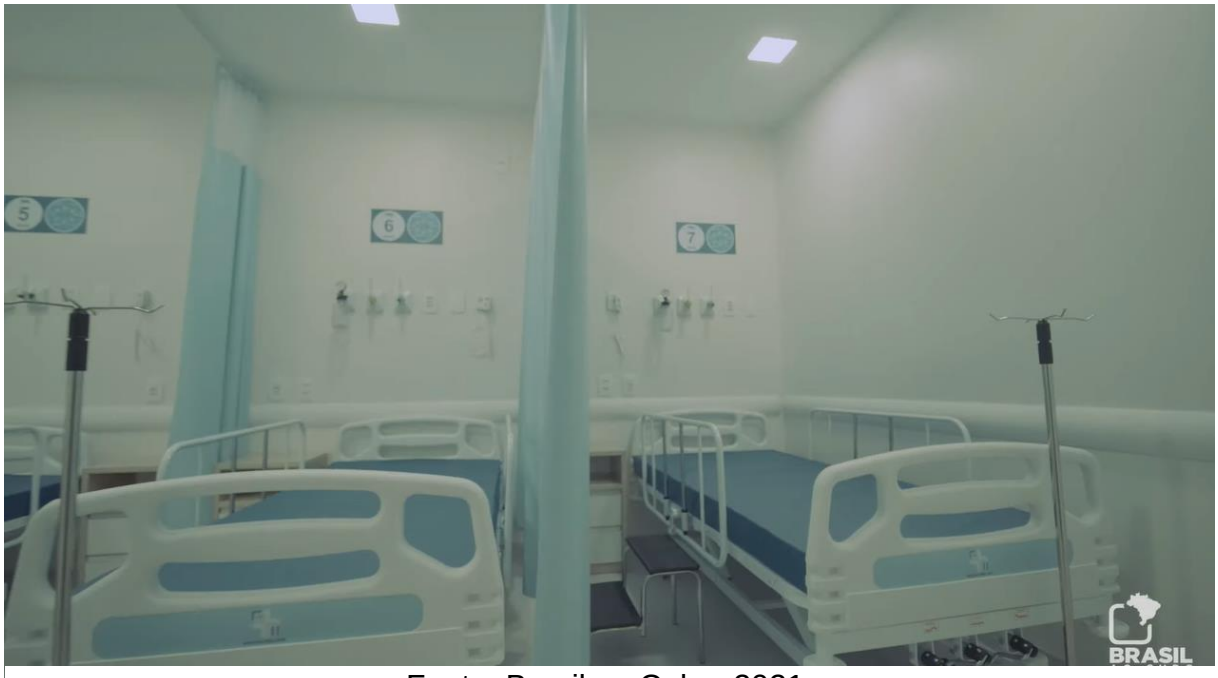
Observando o acabamento interno da extensão do hospital (figuras 50 e 51), é possível notar a padronização dos módulos alocados, não havendo destaques ou diferenciais a vista.

Figura 50 – Corredor acabado



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Figura 51 – Quarto acabado.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Por fim, a obra finalizada conta com uma cobertura metálica como bem ilustra a figura 52.

Figura 52 – Extensão modular finalizada e vista de cima.



Fonte: Brasil ao Cubo, 2021.

Após a apresentação de algumas das obras hospitalares brasileiras utilizando a metodologia modular desenvolvidas durante a pandemia do novo coronavírus, tem-se o intuito de apresentar também exemplos internacionais, descritos no item a seguir.

5 EXPERIÊNCIAS MODULARES INTERNACIONAIS

A pandemia do novo coronavírus atingiu não somente o Brasil mas o mundo todo, forçando cada país a tomar certas medidas voltadas ao controle e atraso no avanço da doença. A fim de ilustrar a utilização da construção modular como uma medida de emergência adotada mundialmente foram escolhidas 2 obras situadas em *Wuhan*, epicentro da doença e que já possuía um histórico de construções modulares em meio a crises.

5.1 Hospital de *Houshenshan*

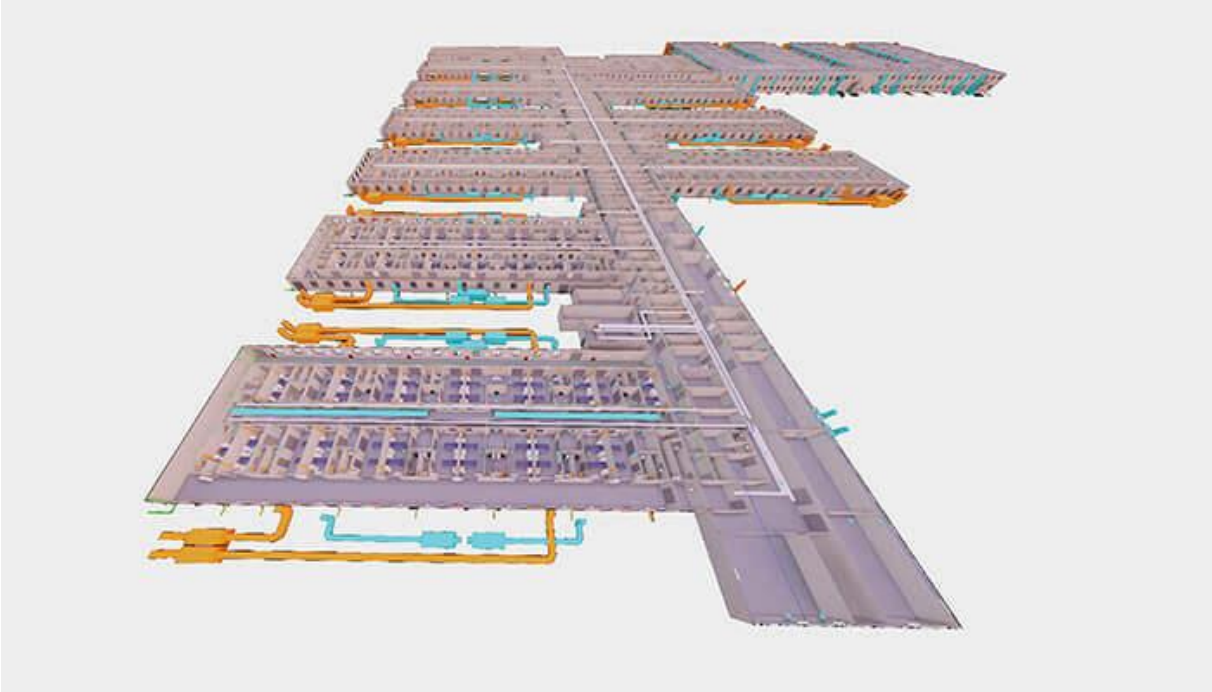
Em janeiro de 2020, o primeiro foco da crise do novo coronavírus surgiu em *Wuhan*, na China. O número de casos e óbitos não parava de crescer e alguma medida precisava ser tomada já que o país teve uma experiência desagradável com o vírus da Sars em 2003. (VIDIGAL, 2020)

Inicialmente, a solução imediata adotada foi de construir um hospital com a capacidade absurda de 1.000 leitos em 10 dias. Foi então que o governo reuniu uma equipe de estrelas dos setores de projeto e construção e reutilizaram a metodologia aplicada no surto de 2003: apoio do parque fabril. (ALDERTON, 2020)

5.1.1 Projeto

Seguindo a mesma linha de agilidade esperada de sua execução, os projetos do hospital foram entregues após um dia de criação do plano de projeto e 60 horas para entrega dos desenhos. Haviam cerca de 60 projetistas para realizar o projeto de *Houshenshan* que, 30 minutos após a reunião destes colaboradores, já estavam a caminho do local para fazer levantamento de campo. (ALDERTON, 2020)

Figura 53 – Projeto do Hospital de *Houshenshan* em *Wuhan*, China.

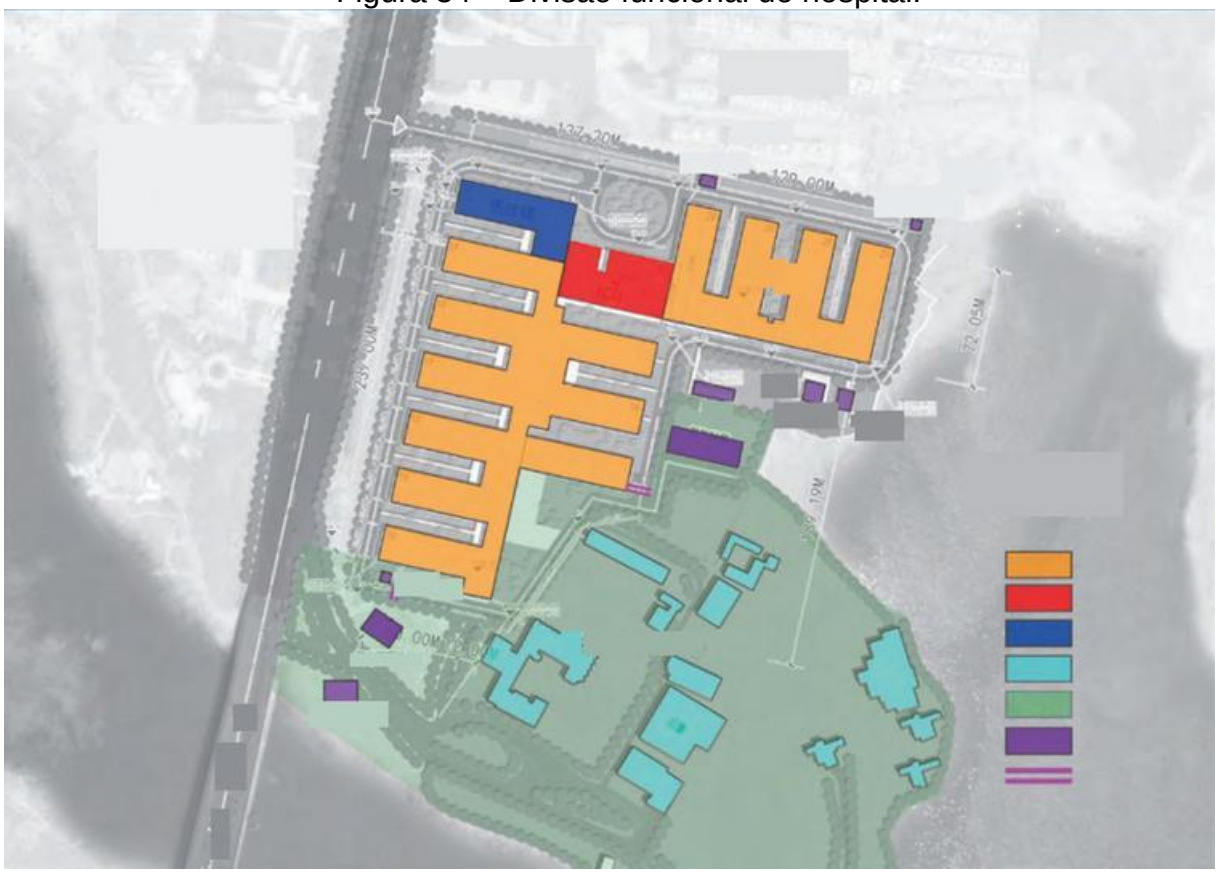


Fonte: Alderton, 2020.

De acordo com Jiqiang Hu da CITIC ADI, um dos escritórios responsáveis pelo empreendimento, um projeto desta magnitude levaria cerca de seis meses para ser projetado e até três anos para ser construído. A CITIC ADI apresentou um projeto de terraplanagem em cinco horas, definiu o plano de projeto em um dia e entregou os desenhos da construção em apenas 60 horas. (ALDERTON, 2020)

A figura 54 mostra a divisão funcional do hospital em questão, atentando para região em laranja que diz respeito ao setor de enfermaria, principal frente de atendimento aos pacientes.

Figura 54 – Divisão funcional do hospital.



Fonte: Wang, 2020.

Já a figura 55 utiliza uma dessas unidades padrões de enfermaria e enumera suas regiões por padrão de módulo, sendo estes:

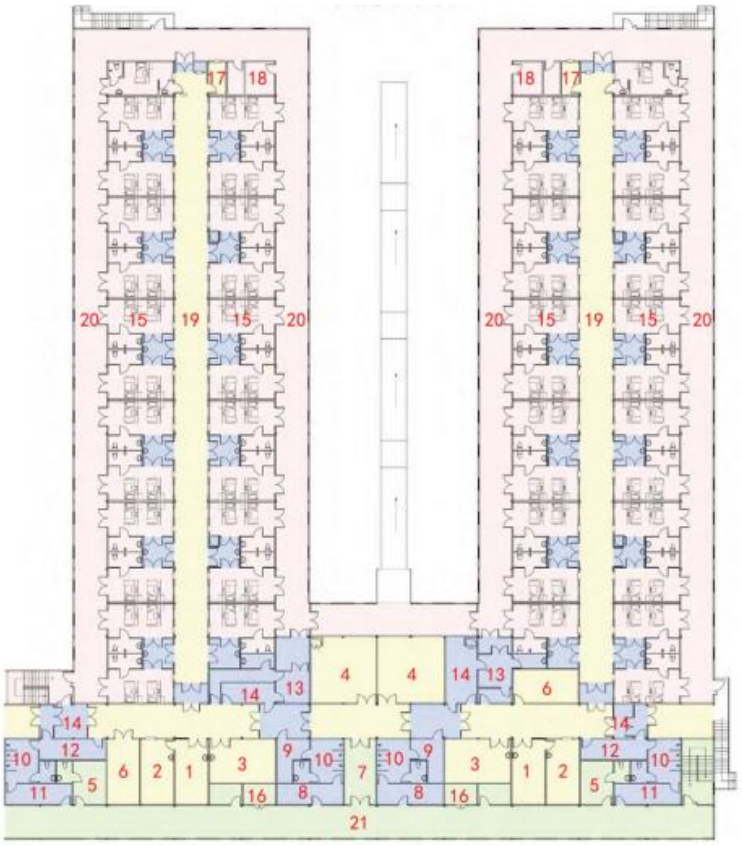
Tabela 2 - Nomes das regiões do módulo.

Nº	Nome da região	11.	Primeiro vestiário (fem.)
1.	Sala de Enfermagem	12.	Segundo vestiário (fem.)
2.	Dispensa	13.	Sala pra retirada da roupa de isolamento
3.	Escritório de saúde	14.	Sala pra retirada da roupa protetora

4.	Almoxarifado	15.	Enfermarias
5.	Salão da saúde	16.	Sala elétrica
6.	Biblioteca de medicina	17.	Escritório das enfermeiras
7.	Sala de passagem	18.	Sala da água fervente
8.	Primeiro vestiário (masc.)	19.	Passagem semi-contaminada
9.	Segundo vestiário (masc.)	20.	Passagem contaminada
10.	Sala de banho	21.	Passagem limpa

Fonte: Próprio Autor, 2021

Figura 55 – Unidade padrão de enfermaria



Fonte: Wang, 2020.

5.1.2 Planejamento

A fase de planejamento da construção deste hospital teve inicio no momento em que a ideia surgiu e os escritórios começaram a mobilização. Devido ao caráter emergencial e experiências passadas, a China teve uma reação ágil que, unida ao excesso de mão de obra disponível, possibilitando a construção.

Segundo a CITIC ADI, a razão para a velocidade é a metodologia aplicada, através de uma abordagem de revezamento, garantiram uma produção do projeto em

um progresso contínuo. Sendo assim, enquanto o empreendimento começava a ser construído, haviam projetos em desenvolvimento, esquemas modificados e ajustes; tudo ao mesmo tempo. (ALDERTON, 2020)

A mobilização inicial foi tanta que, no mesmo dia que assumiram o empreendimento, a empresa responsável já havia mobilizado 95 escavadeiras, 33 tratores de esteira, 5 rolos compressores e 160 caminhões pra retirada de entulho. Além disso, em seu primeiro dia, o serviço de terraplanagem contava com 160 mestres de obras, 240 funcionários e um time reserva de 2000 colaboradores. (CHINA.ORG.CN, 2020)

Uma grande preocupação da construtora, além da agilidade, era o exponencial crescimento no número de casos confirmados da doença. Quanto mais a obra demorasse, a mais perigos a equipe de 7000 funcionários estaria exposta.

5.1.3 Execução

Devido à urgência da situação, um dia após a reunião dos escritórios responsáveis pelo projeto, dia 24 de janeiro já haviam escavadeiras limpando o terreno onde a unidade de saúde seria erguida. (BBC NEWS, 2020)

Através da figura 56 e 57 é possível observar a grandiosidade da mobilização a fim de garantir a agilidade da construção.

Figura 56 – Limpeza do terreno para construção do hospital



Fonte: BBC News, 2020.

Figura 57 – Limpeza do terreno para construção do hospital



Fonte: BBC News, 2020.

A fundação foi executada em radier e, devido à magnitude do projeto, sua concretagem foi realizada utilizando bombas de concreto como bem ilustram as figuras 58 e 59.

Figura 58 – Armação do radier



Fonte: BBC News, 2020.

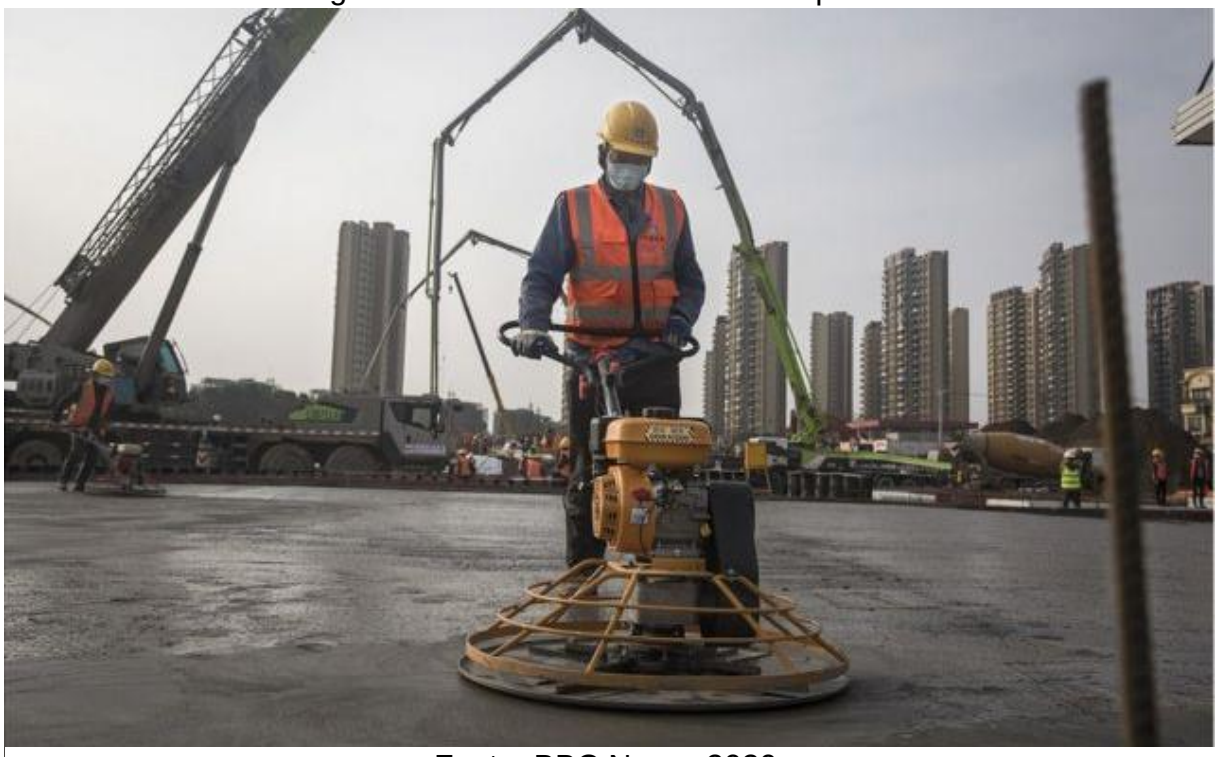
Figura 59 – Processo de concretagem do radier



Fonte: BBC News, 2020.

O acabamento do radier era garantido utilizando niveladores mecânicos, a fim de prover maior agilidade no processo, conforme a figura 60.

Figura 60 - Niveladores mecânicos para concreto



Fonte: BBC News, 2020.

No que diz respeito às modulações, foram utilizdas de diversas maneiras nesse projeto. Os componentes modulares eram transportados por partes e montados no local (estrutura + fechamentos). A figura 61 exibe trabalhadores carregando um fechamento em chapas metálicas com isolamento termoacústico de fibra de vidro.

Figura 61 – Peça modular sendo transportada no canteiro.



Fonte: BBC News, 2020.

Já a figura 62 exibe um módulo de quarto finalizado sendo posicionado na estrutura.

Figura 62 – Módulo sendo posicionado na estrutura



Fonte: BBC News, 2020.

A obra foi realizada dia e noite (figura 63), utilizando o revezamento de equipes na execução.

Figura 63 – Construção do hospital durante a noite.



Fonte: Vidigal, 2020.

Quanto ao acabamento interno, pode-se observar o padrão esperado em uma obra hospitalar, exibido na figura 64.

Figura 64 – Módulo em fase de acabamento



Fonte: BBC News, 2020.

Por fim, a cobertura metálica utilizando perfis também metálicos e acabamentos e fachada finalizados (figura 65), a obra foi entregue em 3 de fevereiro de 2020, 10 dias após o início da execução propriamente dita.

Figura 65 – Hospital Huoshenshan sendo finalizado



Fonte: China.org.cn, 2020.

5.2 Hospital *Leishenshan*

O hospital *Leishenshan* também está localizado em *Wuhan* e, tal qual seu irmão, utiliza a metodologia modular a fim de ganhar a agilidade que a situação emergencial do início da pandemia pedia.

Este está localizado há 25 milhas de distância do Huoshenshan, no estacionamento nº 3 da Vila dos Atletas dos Jogos Militares no lago Huandjia, distrito de Jiangxia na cidade de *Wuhan*. (EQUIPE COMEX DO BRASIL, 2020)

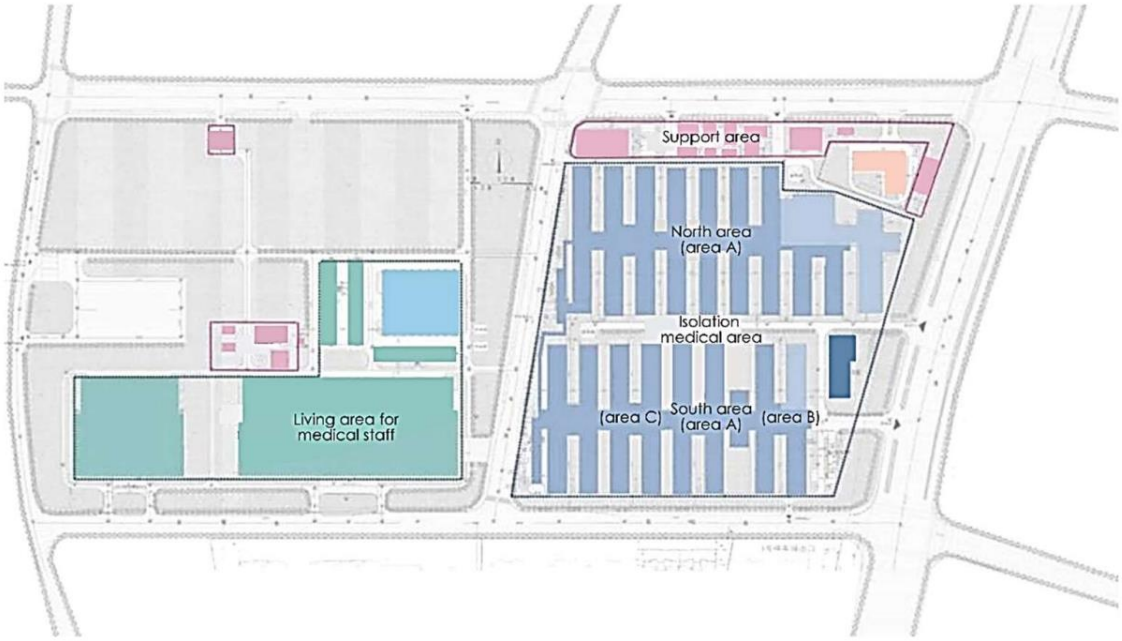
5.2.1 Projeto

O hospital foi construído como uma resposta emergencial ao crescimento no número de infectados pela Covid-19. *Leishenshan* foi projetado pela *Zhongnan Architectural Designe Institute* e após construída pela *China Construction Third*

Engineering Bureau, o projeto inclui 1600 leitos distribuídos numa área de 79900m², cobrindo cerca de 21.97 héctares. (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021)

A figura 66 mostra a divisão funcional do hospital, sendo as áreas Norte e Sul destinadas ao isolamento e atendimento dos pacientes, a área de suporte para auxílio nos tratamentos e a região destinada à equipe médica.

Figura 66 – Divisão funcional do hospital



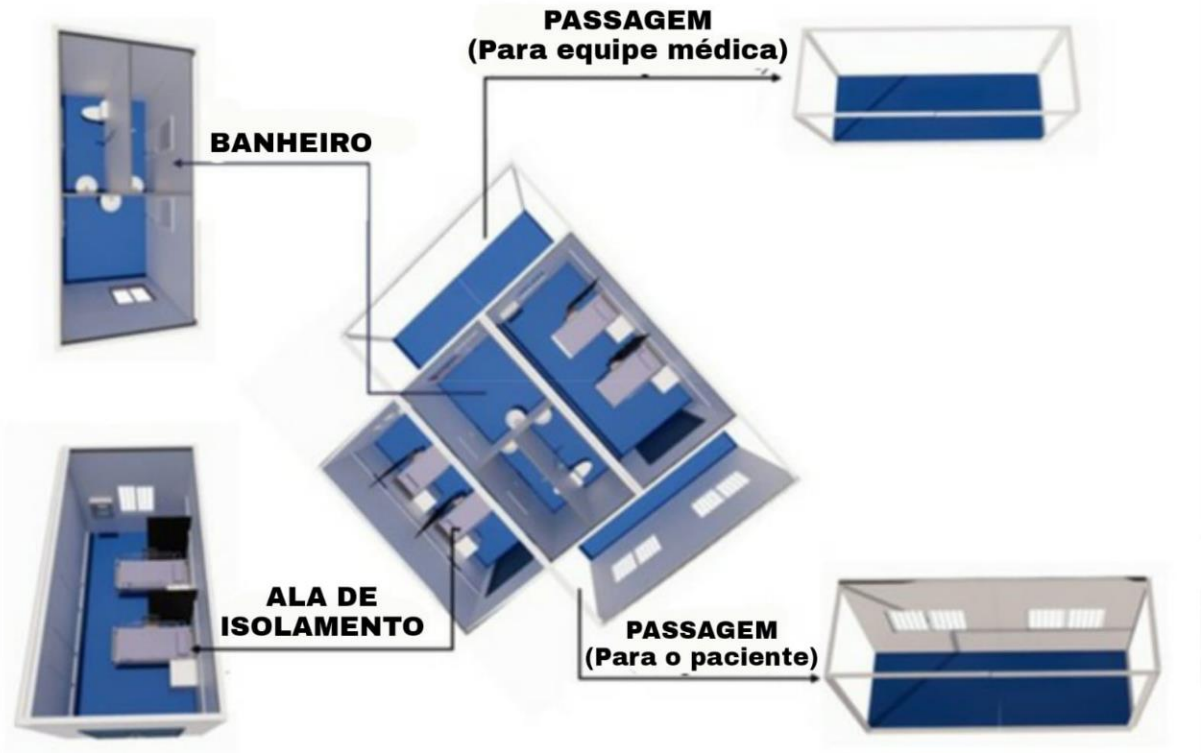
Fonte: Smolova e Smolova, 2021.

Durante a fase de projeto, os arquitetos e engenheiros utilizaram dois tipos de módulos com dimensões de 3x6x2.9m e 2x6x2.9m. Tais módulos que compõem a construção possuíam um esqueleto em perfis metálicos e seu fechamento em chapas metálicas e espuma para isolamento acústico. (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021)

Segundo Smolova (2021), ao utilizar esse sistema composto, há um ganho em rigidez, segurança, estabilidade e também durabilidade da estrutura como um todo e cada unidade modular é bem isolada e está equipada com sistema de drenagem localizado nos cantos.

A figura 67 exibe o design modular adotado para a construção do hospital *Leishenshan*, ressaltando a unidade do banheiro, de isolamento, de passagem tanto para equipe médica quanto para o paciente.

Figura 67 – Unidade modular projetada para o hospital.



Fonte: Luo, Lio, *et al*., 2020.

5.2.2 Planejamento e logística

O espaço de tempo entre a fase de projetos e planejamento do hospital *Leishenshan* e *Houshenshan* foram bastante similares, uma vez que ambos foram iniciados em janeiro (25 e 23 de janeiro, respectivamente).

Tendo em vista a urgência de todo projeto, antes mesmo do início da construção, era necessário avaliar e escolher dentre os diferentes tipos de tecnologias de pré-fabricação, considerando a capacidade de fornecimento e disponibilidade de tais recursos (LUO, LIU, *et al.*, 2020).

O projeto, utilizando a metodologia BIM, continha informações cruciais para que o construtor mantivesse a organização e o andamento do processo de construção de maneira mais fácil, possibilitando a coordenação de diferentes vertentes da construção (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Utilizando essa otimização dos projetos, o empreiteiro principal dividiu o canteiro de obras do Hospital em cinco áreas de construção e cada área era dividida em seções individuais para que os subcontratados pudessem deliberar funções em

paralelo. Além disso, o local de armazenamento foi escolhido a fim de reduzir os esforços necessários para transporte dos materiais durante a construção (LUO, LIU, *et al.*, 2020).

5.2.3 Execução

O módulo pré-fabricado utilizado para as salas de isolamento possui um esqueleto em aço galvanizado formado a frio e o fechamento é feito com painéis do tipo sanduíche, composto por duas chapas de aço e vão preenchido com fibra de vidro, como bem ilustra a figura 68.

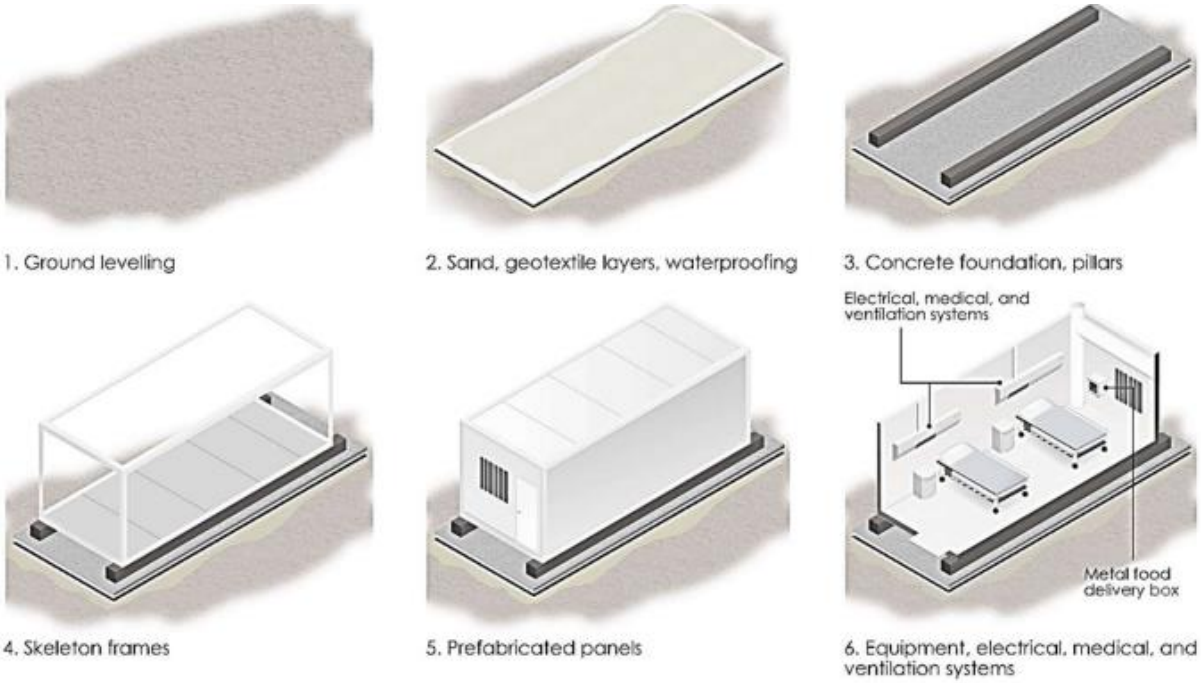
Figura 68 – Módulo pré-fabricado utilizado nas salas de isolamento.



Fonte: Luo, Liu, *et al.*, 2020.

De acordo com Smolova (2021), o processo de implementação do módulos do hospital pode ser descrito da seguinte maneira:

Figura 69 – Processo de implementação do módulo



Fonte: Smolova e Smolova, 2021.

1. Nivelamento do solo: O processo de implementação inicia-se no nivelamento do solo não havendo falhas de nível que gerem problemas futuros.
2. Base de impermeabilização: A fim de evitar a percolação da água por baixo da construção, utilizou-se areia, uma camada geotêxtil e um material impermeabilizante.
3. Fundação de concreto: A fundação utilizada foi o radier de concreto, implementando também trilhos que definem posteriormente a posição dos módulos.
4. Esqueleto da estrutura: São posicionados e soldados os perfis em aço galvanizado em seus devidos locais.
5. Painéis pré-fabricados: O fechamento da estrutura é realizado a partir de painéis pré-fabricados feitos de acordo com os módulos utilizados.
6. Instalações: Por fim, equipamentos, as instalações elétricas, médicas e de ventilação são posicionados e preparados no local.

A figura 70 exibe o então hospital *Leishenshan* em sua fase final de acabamento, onde a maior parte dos módulos já fora posicionada e a maior atenção da construção voltada ao ambiente interno da construção.

Figura 70 – Hospital *Leishenshan*.



Fonte: Xinhua, 2020.

Através da figura 71 é possível observar o posicionamento do módulo durante a montagem do hospital, ester erguido por gruas.

Figura 71 – Módulo sendo erguido para posicionamento.



Fonte: Equipe Comex do Brasil, 2020.

Por fim, finalizada a apresentação de alguns exemplos de obras hospitalares modulares desenvolvidas tanto dentro como fora do país, é possível estabelecer e

descrever as relações entre elas, fomentando a discussão proposta no início deste documento sendo estas informações anexadas no item a seguir.

6 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Uma vez que reunidas as informações do acervo de obras hospitalares que utilizaram a metodologia modular em seu processo construtivo durante a pandemia de Covid-19, pode-se desenvolver uma tabela resumo (Tabela 3), relacionando cada uma das obras à partir de três vertentes: Projeto; Planejamento e Logística; Execução.

Tendo a pesquisa como parâmetro de comparação, a primeira grande diferença entre as experiências nacionais e internacionais foi o tipo de construção, sendo as brasileiras obras de expansão, de menor tamanho mas de igual importância em relação às demais.

Outra grande diferença é observada no tempo de execução, pois em *Wuhan* na China, tem-se o hábito da execução de obras rápidas e também a experiência adquirida durante crises hospitalares passadas, como na epidemia de Sars de 2003.

Ainda neste contexto de relação e comparação dentre os hospitais, vale salientar a diferença cultural e a experiência construtiva quando se fala da aplicação da construção modular que, por si só, já não compõe uma tecnologia tão nova. A Brasil ao Cubo é considerada pioneira no Brasil no que diz respeito à utilização da metodologia, porém muito pequena quando comparada às grandes e experientes construtoras chinesas.

Quanto às medidas construtivas adotadas no Brasil, observa-se a forte influência das experiências internacionais e o sucesso na adoção e adaptação da metodologia para os parâmetros brasileiros, ainda que numa escala menor. Neste interím, dentre todas as vantagens advindas da construção modular, a agilidade é notoriamente a que mais se destaca em situações de crise como durante a pandemia do novo coronavírus.

Tabela 3 – Tabela resumo de obras hospitalares

OBRAS ESTUDADAS DE HOSPITAIS MODULARES							
Hospitais modulares	**Tipo**	**Localização**	**Área construída**	**Tempo para conclusão**	**Principais características de Projeto**	**Principais características de Planejamento e Logística**	**Principais características de Execução**
Hospital Municipal Mboi Mirim	Expansão	São Paulo/SP	1320m²	33 dias	1. Modulação Padrão da empresa 2. Metodologia Plug-play 3. Acabamento externo de alto padrão; 4. Desenvolvido em alguns dias já notando o planejamento e logística necessário; 5. Todas as analisadas são obras de expansão de determinado hospital;	1. União entre iniciativa pública e privada; 2. Infraestrutura montada no local; 3. Produção de chassis (base e topo do módulo) na empresa e demais paredes terceirizada; 4. Transporte levando em consideração o processo de montagem e acabamentos;	1. Fundações podem ser do tipo radier, sapata isolada ou viga baldrame; 2. Nas 3 obras elencadas, a fundação utilizada foi o radier; 3. Módulos soldados em suas posições pré-definidas (chapas de espera); 4. Módulos já carregam todas as instalações para encaixe com os adjacentes (esperas de conexão plug-play);
Hospital Municipal Vila Santa Catarina	Expansão	São Paulo/SP	1064m²	37 dias			
Hospital Regional de Samambaia	Expansão	Samambaia/ DF	1380m²	34 dias			
Hospital de Houshenshan	Independente	Wuhan - China	25000m²	10 dias	1. Diversos módulos 2. Estrutura em aço galvanizado 3. Fechamento com peças modulares sanduíche 4. Projeto desenvolvido em poucas horas; 5. Desenvolvidos na urgência do início da pandemia; 6. Experiência adquirida na epidemia de Sars em 2003;	1. Excesso de mão de obra; 2. Experiência com construções rápidas e crises (Sars/2003); 3. Planejamento/projeto e execução sendo realizados concomitantemente; 4. Chassis e paredes unidos no canteiro;	1. Fundações utilizadas foram do tipo radier; 2. Trilhos utilizados para posicionar os módulos invés de chapas metálicas; 3. Módulos só com o chassi instalado e demais conexões são feitas no canteiro; 4. Obra realizada dia e noite, através do revezamento na execução;
Hospital de Leishenshan	Independente	Wuhan - China	79900m²	10 dias			

Fonte: Próprio Autor, 2021.

É possível observar que as principais características de projeto da empresa Brasileira se repetem em todas as obras listadas. Isso se dá pela padronização do processo constrtutivo desenvolvido pela mesma, como por exemplo a metodologia *Plug-Play* que define o módulo como uma célular independente e pronta para acoplagem nos módulos adjascentes.

As experiências internacionais listadas possuem uma metodologia diferente de montagem, as peças são levadas ao local e as instalações são arranjadas in-loco, vide projeto. A resposta rápida das empresas chinesas, devido experiências passadas proveu uma maior agilidade durante o processo de desenvolvimento dos projetos, entregando-os em poucas horas.

Em relação à logística e planejamento, pode-se observar que o custeio das obras brasileiras selecionadas está diretamente ligado à união da iniciativa pública e privada. Além disso, há a disposição de toda infraestrutura no local e a logística de montagem e transporte das unidades produzidas na sede da empresa e na parceira TecVerde.

Quanto às experiências internacionais selecionadas, observa-se novamente o reflexo da experiência em crises passadas, havendo uma redução no tempo de resposta e aumento da agilidade impulsionadas pela disposição de mão de obra suficiente para suprir a demanda de trabalho.

Neste interím, a execução da empresa Brasileira é semelhante à internacional em certos aspectos, como por exemplo a utilização de radier como fundação nas obras selecionadas. Porém, se diferem quando observamos o módulo, enquanto a Brasil ao Cubo utiliza uma metodologia própria de módulos independentes e com instalações pré-locadas, as empresas chinesas fazem a locação dessas instalações no ato da montagem.

Por fim, após a análise das principais características dos hospitais reunidos, foi possível estabelecer a relação entre obras nacionais e internacionais, fomentando a discussão que servirá de alicerce para as considerações deste trabalho.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade do processo de industrialização na construção civil é inegável, tornando-se o próximo passo na cadeia evolutiva e a tendência é que tal mecanismo não pare de se reinventar. Porém, apesar das vantagens da construção modular quando comparadas ao sistemas tradicionais de construção e a ânsia do mercado por inovação, esse processo de industrialização não emplaca da maneira esperada.

Neste sentido, o objetivo principal do presente trabalho foi fomentar a discussão quanto à usabilidade da construção modular e as características inerentes ao processo de industrialização da construção civil, utilizando estudos de caso para salientar os principais pontos no uso da metodologia construtiva.

Assim sendo, a primeira grande barreira da implementação da construção modular em larga escala na construção civil é o cunho do ramo construtivo. Em obras residenciais, por exemplo, a utilização de sistemas modulares pouco se sustenta devido ao déficit de capital de giro, tornando a construção inviável por ser cara demais.

Já para o ramo comercial, a situação tem uma mudança drástica, afinal, quanto mais rápida a finalização, menor será o tempo para o retorno monetário vindo do empreendimento.

Outra grande barreira é falta de incentivo nas academias de ensino por todo país, uma vez que não há muitos cursos de Engenharia Civil ou Arquitetura que tenham o ensino dessa metodologia industrializada em sua grade curricular, levando a não capacitação do recém formado.

Esta mesma falta de incentivo pode ser observada também nos passos lentos da implementação da construção modular em território nacional, impulsionada pela barreira cultural advinda da ampla utilização de métodos convencionais de construção e o alto custo por metro quadrado que a construção modular carrega consigo.

Por fim, outro grande ramo é a construção hospitalar que foi a escolhida neste trabalho para discussão, baseada no estabelecimento da conexão entre obras hospitalares de cunho emergencial desenvolvidas durante a pandemia do Covid-19, que sobrecarregou os sistemas de saúde como um todo e a alternativa permanente encontrada foi a adoção da metodologia modular para ganhar o máximo de tempo possível e salvar vidas no processo.

Assim sendo, outra vertente da discussão é quanto à utilização de hospitais de campanha em situações de crise hospitalar como as descritas anteriormente. Os

hospitais de campanha possuem um caráter provisório e ainda que supra a necessidade emergencial, após a crise, se tornam uma medida que não trará suporte às comunidades que permanecem em constante crescimento e possuem necessidades médicas no geral.

Portanto, conclui-se que a construção modular trata-se de uma metodologia construtiva muitas vezes situacional, variando sua necessidade de utilização de acordo com o ramo construtivo e sua agilidade é imprescindível para momentos de crise. Sendo assim, somente através do incentivo de mercado e acadêmico, bem como o barateamento dos métodos de produção e obra prima, será possível acelerar e popularizar a industrialização do mercado da construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASÍLIA. Hospital modular de Samambaia é entregue com 102 leitos. **Agência Brasília**, 2021. Disponivel em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2021/05/28/hospital-modular-de-samambaia-e-entregue-com-102-leitos/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

ALDERTON, M. Hospitais modulares pré-fabricados para covid-19 construídos em poucos dias. **Redshift by Autodesk**, 2020. Disponivel em: <https://redshift.autodesk.com.br/hospitais-modulares/>. Acesso em: 30 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873: Coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro. 2010.

BARROS, M. M. B.; SABBATINI, F. H. Diretrizes para o processo de projeto para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas de edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Construção Civil (BT/PCC/172)**, São Paulo, 2003.

BBC NEWS. Coronavírus: em imagens, a construção de hospital na China em 10 dias. **BBC News**, 2020. Disponivel em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-51354870>. Acesso em: 07 set. 2021.

BRASIL AO CUBO. Como a construção hospitalar off-site se tornou uma solção permanente no combate à covid-19. **Brasil ao Cubo**, 2020. Disponivel em: <https://brasilaocubo.com/blog/pandemia-construcao-off-site/>. Acesso em: 04 ago. 2021.

BRASIL AO CUBO. Hospital M'boi Mirim: Uma obra desafiadora que salva vidas. **Brasil ao Cubo**, 2020. Disponivel em: <https://brasilaocubo.com/blog/conheca-hospital-mboi-mirim/>. Acesso em: 24 jan. 2021.

BRASIL AO CUBO. 40 leitos de UTI em 37 dias | Tecnologia e inovação que salvam vidas!, 2021. Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZxQb5kmhD4g>. Acesso em: 15 jul. 2021.

BRASIL AO CUBO. CENTRO HOSPITALAR EM APENAS 34 DIAS. ENTREGUE ANTES DO PRAZO! | BRASIL AO CUBO. **YouTube**, 2021. Disponivel em: <https://www.youtube.com/watch?v=jMm9-gzhmsQ>. Acesso em: 14 ago. 2021.

BREGATTO, P. R. Coordenação Modular - Partes 1,2 e 3. **Paulo Ricardo Bregatto**, 2008. Disponivel em: <http://bregatto.blogspot.com/2008/09/coordenao-modular-parte-i.html>. Acesso em: 28 out. 2020.

CAU/BR. Como o Brasil Constrói. **Pesquisa CAU/BR Datafolha**, 2015. Disponivel em: <https://www.caubr.gov.br/pesquisa2015/como-o-brasileiro-constroi/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

CHINA.ORG.CN. Huoshenshan Hospital: CSCEC's 10-day race against the epidemic. **China.org.cn**, 2020. Disponivel em: <http://www.china.org.cn/business/2020-02/04/content_75693199.htm>. Acesso em: 06 set. 2021.

CIMENTO ITAMBÉ. Construção Modular com Paredes de Concreto: Veja as vantagens. **Massa Cinzenta**, 2020. Disponivel em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/construcao-modular-com-paredes-de-concreto-veja-as-vantagens/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

CLUBE DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Construção Modular; um caminho para a industrialização. **Clube da Construção Civil**, 2020. Disponivel em: <https://c3clube.com.br/construcao-modular-um-caminho-para-a-industrializacao/>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

EQUIPE COMEX DO BRASIL. Em corrida contra o tempo, a China constrói dois hospitais de combate ao coronavirus em *Wuhan*. **Comex do Brasil**, 2020. Disponivel em: <https://www.comexdobrasil.com/em-corrida-contra-o-tempo-a-china-constroi-dois-hospitais-de-combate-ao-coronavirus-em-wuham/>. Acesso em: 09 Setembro 2021.

ERNSTSEN, S. K. Prefabrication and modular construction. **Technology Cards**, 2019. Disponivel em: <https://www.technologycards.net/the-technologies/prefabrication-and-modular-construction>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, T. **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2009.

GOMES, C. E. M. et al. LIGHT STEEL FRAME NA PRODUÇÃO DE MORADIAS NO BRASIL. **IX Congresso de Construção Metálica e Mista**, Porto, 25 Outubro 2013.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **INTRODUÇÃO À COORDENAÇÃO MODULAR DA CONSTRUÇÃO NO BRASIL:** Uma abordagem atualizada. 9. ed. Porto Alegre: Coleção Habitare, 2007.

KERN, D. Paisagem Moderna: Baudelaire, Ruskin e as Grandes Exposições de 1851 E 1855, Rio Grande do Sul, 2008.

LAFAETE. Construção Modular: Saiba tudo sobre essa tendência. **Lafaete Locação**, 2020. Disponivel em: <https://www.lafaetelocacao.com.br/artigos/construcao-modular/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

LORENCETO, D. Industrialização na construção civil no Brasil não é tão usada quanto poderia. **TEM Sustentável**, 2019. Disponivel em: <https://www.temsustentavel.com.br/industrializacao-em-construcao-no-brasil/>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

LUO, H. et al. Ultra-rapid delivery of specialty field hospitals to combat COVID-19: Lessons learned from the *Leishenshan* Hospital project in *Wuhan*. **Elsevier Public**

Health Emergency Collection, 04 Julho 2020. Disponivel em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7334964/>.

MARTINS, M. A. Engenharia 360. **A industrialização da construção e o aumento da produtividade**, 2020. Disponivel em: <https://engenharia360.com/industrializacao-da-construcao-civil/>. Acesso em: 18 out. 2020.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. Construção Modular: Quais os benefícios dessa tendência para o setor? **Mobuss Construção**, 2019. Disponivel em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/construcao-modular/>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

OLIVEIRA, P. S. Benefícios e vantagens da construção modular. **Blog da Liga**, 2019. Disponivel em: <https://blogdaliga.com.br/beneficios-e-vantagens-da-construcao-modular/>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

PATINHA, S. M. P. D. A. **Construção modular - Desenvolvimento da ideia:** Casa numa caixa. [S.l.]: Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2011.

PEREIRA, C. Principais tipos de sistemas construtivos utilizados na construção civil. **Escola Engenharia**, 2018. Disponivel em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sistemas-construtivos/>. Acesso em: 25 jan. 2020.

PEREIRA, C. Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. **Escola Engenharia**, 2019. Disponivel em: <https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>. Acesso em: 16 Janeiro 2021.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Hospital Vila Santa Catarina recebe 40 novos leitos de UTI Covid-19. **Cidade de São Paulo - Saúde**, 2021. Disponivel em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/noticias/?p=311653>. Acesso em: 15 jul. 2021.

RENOVE CONTEINER. CASA ATIBAIA. **Renove Conteiner**, 2020. Disponivel em: <http://www.renovecontainer.com.br/projeto/casa-atibaia/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing:** Engenharia. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2016.

SMOLOVA, M.; SMOLOVA,. Emergency architecture. Modular construction of healthcare facilities as a response to pandemic outbreak. **E3S Web Conf.**, Kazan, v. 274, Junho 2021.

STEEL CONSTRUCTION. Modular Construction. **SteelConstruction.info**, 2012. Disponivel em: <https://www.steelconstruction.info/Modular_construction>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.

TENÓRIO, F. G. A unidade dos contrários: fordismo e pós-fordismo. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 45, n. 4, ago. 2011.

VEJA SAUDE. OMS decreta pandemia do novo coronavírus. Saiba o que isso significa. **Veja SAÚDE**, 2020. Disponivel em: <https://saude.abril.com.br/medicina/oms-decreta-pandemia-do-novo-coronavirus-saiba-o-que-isso-significa/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

VICECONTI, P. E. V. O processo de industrialização brasileira. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 17, n. 6, 11/12 1977. ISSN 00347590.

VIDIGAL, L. Entenda como a China pode construir um hospital em 10 dias. **G1**, 2020. Disponivel em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/01/31/entenda-como-a-china-pode-construir-um-hospital-em-10-dias.ghtml>. Acesso em: 30 ago. 2021.

VIVA DECORA PRO. Alvenaria: Saiba tudo sobre o sistema construtivo mais usado no Brasil. **VivaDecoraPRO**, 2020. Disponivel em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/alvenaria/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

VIVADECORAPRO. Steel Frame: Confira como usar + 16 Projetos que vão inspirar. **VivaDecoraPRO**, 2020. Disponivel em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/arquitetura/steel-frame/>. Acesso em: 16 Janeiro 2021.

WANG, L. The new bud light steel system and the geometric shape evolution of light steel framework for COVID-19 patients appointed hospital (*Houshenshan* hospital). **Journal of Intelligente & Fuzzy Systems**, Zhengzhou, v. 39, n. 6, p. 9015-9026, 04 Dezembro 2020.

XAVIER, M. M. Uma biblioteca container na África do Sul. **Minha Casa Container**, 2014. Disponivel em: <https://minhacasacontainer.com/2014/11/06/um-biblioteca-de-container-na-africa-sul/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

XINHUA. Concluída a parte principal da construção do Hospital Leisehshan em *Wuhan*. **XINHUA Português**, 2020. Disponivel em: <http://portuguese.xinhuanet.com/2020-02/06/c_138759885_2.htm>. Acesso em: 06 set. 2021.

ZIMMER, L. Tiny Space-Age LoftCube Prefab Can Pop up Just About Anywhere. **INHABITAT**, 2014. Disponivel em: <https://inhabitat.com/tiny-space-age-loftcube-prefab-can-pop-up-just-about-anywhere/>. Acesso em: 15 Janeiro 2021.