

CONSTRUÇÃO OFF-SITE NA ARQUITETURA HOSPITALAR: UM ESTUDO DE CASO SOBRE A QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO VOLUMÉTRICA MODULAR

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.039-021>

Eduardo Martins Pereira Beltramini

MESTRANDO / Discente na Universidade Presbiteriana Mackenzie

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2008), especialista em Sustentabilidade das Edificações pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (2011), MBA em Administração Hospitalar e Sistemas de Saúde pela FGV (2014), especialista em Arquitetura Hospitalar pelo Instituto Brasileiro de Educação Continuada (2014), especialista em Docência no Ensino Superior pelo Senac (2022) e mestrando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Greenbelt em Lean Six Sigma e Practitioner em Programação Neurolinguística. Docente na Pós-graduação em Arquitetura Hospitalar no Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Docente convidado na Graduação em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Presbiteriana Mackenzie. Atua há 20 anos com arquitetura hospitalar, desenvolvimento de projetos, acompanhamento de obras, compatibilização de projetos, sistemas de gestão da qualidade, planos diretores, estudos de viabilidade, gestão de operação. Arquiteto na MedSênior. Consultor na Beltramini Consultoria.

Célia Regina Moretti Meirelles

DOCTORA / Docente na Universidade Presbiteriana Mackenzie

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Maringá (1984), mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1993) e doutora em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1998). Atua como professora desde 1997 na graduação em Arquitetura e Urbanismo, na Universidade São Marcos de 1997 a 2007 e na Universidade Paulista como professor Titular de 2001 a 2004. Atualmente é professora adjunto I da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Trabalha no ensino e Pesquisa com ênfase na área de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo desde 1997, com temas como: processos construtivos, sustentabilidade, estrutura na concepção Arquitetura, processos construtivos inovadores. Integra o quadro de professores da Pós-graduação stricto-sensu em Arquitetura e Urbanismo - PPGAU FAU Mackenzie, desde 2009, em 2019 passa a compor o quadro de professor permanente. Sendo Líder do grupo de pesquisa Sistemas construtivos na Arquitetura Contemporânea. Apresenta projeto de pesquisas sobre as comunidades ribeirinhas do Amazonas, modo de vida, as técnicas construtivas e cultura, e está inserida em uma rede de pesquisa, com o grupo Iteração da UFAM Universidade Federal do Amazonas, em conjunto com uma rede internacional. Participou como avaliador junto a FAPESP em programas PIPE Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas.

RESUMO

Este artigo faz parte da dissertação de mestrado do autor e tem ênfase nas técnicas da Construção Volumétrica Modular aplicada em hospitais, por meio de um estudo de caso. A relevância da técnica aplicada aos hospitais deu-se com o advento da pandemia, no ano de 2020, esta técnica de montagem rápida, já difundida e consolidada no mercado residencial e de serviços (hotéis e escritórios), tem sua atenção e aplicação voltadas para a área hospitalar em atendimento à demanda imediata por leitos de internação. O trabalho tem como objetivo geral entender a qualidade dos processos do sistema construtivo modular off-site, aplicados em unidades de internação adulto. Ainda como objetivos específicos, podemos abordar: caracterização dos ambientes dos pontos de vista de função, flexibilidade, adaptabilidade, crescimento e desempenho; compreender o atual cenário do mercado deste sistema na área hospitalar no país; e analisar os benefícios e desafios desta técnica. Como



procedimentos metodológicos foram adotados pesquisa bibliográfica, estudo de caso reconhecido na atualidade, visita técnica, levantamento e análise de dados. O estudo de caso refere-se a bloco anexo de internação em hospital já construído, na cidade de São Paulo. Os resultados esperados desta pesquisa são: apresentação e abordagem da técnica construtiva modular volumétrica; compreensão sobre alguns conceitos de arquitetura hospitalar em alas de internação adulto; e análise aprofundada do estudo de caso para conhecimento e apresentação da técnica, conceitos e desenho.

Palavras-chave: Construção volumétrica modular. Arquitetura hospitalar. Unidade de internação. Estrutura metálica. Construção Off-site.



1 INTRODUÇÃO

A área da saúde é dinâmica e complexa. No Brasil, a relação entre oferta e demanda de leitos hospitalares é desproporcional aos padrões de segurança recomendados pela OMS (Organização Mundial de Saúde) e pelo Ministério da Saúde. Entende-se por leito hospitalar: cama destinada à internação de um paciente no hospital. Nesta conta, não se consideram os leitos de observação ou auxiliares (para fins diagnóstico, de recuperação ou supervisão).¹

A OMS recomenda de 3,0 a 5,0 leitos hospitalares a cada 1.000 habitantes. Já o Ministério da Saúde, através da Portaria MS nº 1.011/2002, recomenda 2,5 leitos hospitalares a cada 1.000 habitantes.

Um levantamento realizado pela plataforma *Bright Cities*, em 2020, mostra que cerca de 10% das cidades brasileiras atendem à recomendação da OMS.² Entretanto, observando o exemplo do estudo sobre Fortaleza, que está listada entre estes 10% das cidades brasileiras que atendem a recomendação da OMS, na realidade possui leitos referenciados para outras cidades que ainda assim não atendem toda a população somada da região metropolitana, que envolve 19 municípios.

Outro aspecto que pode ser abordado em relação aos tipos de construções emergenciais é sua relação com o projeto. Alguns sistemas construtivos industrializados possuem técnica projetual padrão que podem dispensar o desenvolvimento de um projeto, pois este já foi definido como padrão e pode ser aplicado na maior parte dos contextos de implantação.

Frente a pandemia do novo coronavírus, surgiu a necessidade de construir hospitais de campanha em tempo recorde para atender a população mais afetada e, dentre as alternativas, a construção modular mostrou-se uma solução eficaz, trazendo à tona a importância dos projetos modulares e da gestão ágil. (Guimarães; Santos, 2022 – p. 04)

No recorte sobre o sistema volumétrico modular, as empresas têm que considerar as relações entre custo-benefício, flexibilidade, durabilidade, implantação em larga escala, personalização e funcionalidades. Sendo também um sistema que permite a construção permanente e possibilita o transporte para outro local ou sua desmontagem. Passada a pandemia e o caráter emergencial, é possível uma abordagem sistemática do sistema modular para resultados mais satisfatórios, considerando outros parâmetros de problema: recursos, quantidade, custos, qualidade e tempo (Rosso, 1980).

...os maiores obstáculos no caminho da industrialização da construção não são de ordem técnica, na elaboração dos projetos, fabricação e montagem dos organismos arquitetônicos, mas de caráter econômico, administrativo e político. (Bruna; 2013, p. 144).

¹ ANVISA, 2002 (p. 154)

² Levantamento realizado pela Plataforma *Bright Cities*, com acesso para assinantes. Chamada veiculada em: <https://blog.brightcities.city/pt-br/hospitais-brasileiros-covid19/>

A construção volumétrica modular tem uma história que remonta ao Século XIX, mas se consolidou como uma técnica moderna e eficiente no Século XXI. Esta técnica continua a ganhar popularidade em todo o mundo. No Brasil, como sistema construtivo leve, difunde-se lentamente, em vista do predomínio no mercado de outras soluções construtivas.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo principal entender a qualidade dos processos do sistema construtivo modular *off-site* aplicados em uma internação hospitalar adulto. Processos tais tanto de projeto quanto de execução e de gestão.

Figura 1 – Fábrica de módulos volumétricos



Fonte: Brasil ao Cubo³

Como objetivos específicos, pretende-se:

- ✓ Caracterizar os ambientes de uma unidade de internação adulto, construído com o sistema volumétrico modular, analisando função, flexibilidade, adaptabilidade, crescimento e desempenho;
- ✓ Analisar quais são as especificidades positivas e negativas do uso desta técnica construtiva aos ambientes de internação hospitalar;
- ✓ Compreender o atual cenário do mercado da construção volumétrica voltado para a área hospitalar, no país.

Os ambientes hospitalares possuem diversas características e necessidades específicas, que precisam ser atendidas. Cada ambiente tem suas funções próprias, as operações e serviços mantêm-se em constante crescimento e mudança; a edificação hospitalar precisa estar bem inserida no contexto local e urbano; os espaços precisam ser flexíveis para casos de contingência e mudança de uso; e por fim os desempenhos de conforto e segurança precisam ser atendidos. Os sistemas de construção

³ Disponível em <<https://brasilaocubo.com/portfolio/hospital-vila-santa-catarina-21>>. Acesso em: 01 set. 2024

tensionado e pneumático, atendem aos requisitos de prazo, porém são muito limitantes aos requisitos descritos neste parágrafo, sem possuir caráter de construções permanentes.

A fim de viabilizar a manutenção e a segurança preditivas, devem ser assegurados ao hospital diversas formas de flexibilidade e acessibilidade, tais como: espaços inter-andares, pavimentos técnicos, paredes técnicas, estrutura com modulação defasada da modulação arquitetônica, passa dutos, espaços técnicos horizontais e verticais, além de lajes e vigas passíveis de furações presentes e futuras, outros. (KARMAN; 2011, p. 41).

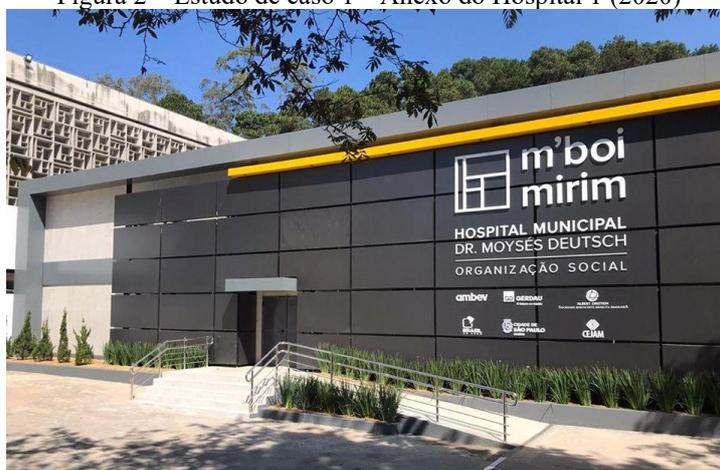
1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa bibliográfica para este artigo, considerou trabalhos e publicações principalmente referente ao assunto construção modular *off-site*. Também foram pesquisados temas sobre construção industrializada, arquitetura hospitalar, construção pré-fabricada, entre outros enfáticos ao tema.

O trabalho também tem como base metodológica um estudo de caso muito representativo no contexto da comunidade, como destaca Robert Yin (1999) sobre a importância da definição do estudo caso sob o ponto de vista de três contextos: hospitalar, comunitário e sistêmico. Yin (2009) define que o processo de pesquisa de um estudo de caso é linear, do Planejamento até o Compartilhamento dos resultados, entretanto no meio deste processo linear, as etapas interagem entre si em ordem não necessariamente linear, com objetivo de revisão constante visando a qualidade dos resultados.

O estudo de caso foi construído em meio à primeira onda da pandemia, em caráter emergencial, aumentando a capacidade instalada do Hospital 1 em mais 100 leitos de internação. O levantamento de dados foi feito com base em visita técnica com o anexo construído e ocupado, além de pesquisas bibliográficas publicadas e material fornecido para pesquisa pelo Hospital 1. Atualmente, o anexo opera como leitos de internação cirúrgica adulto. O financiamento da construção foi feito por um grupo de empresas parceiras que doaram a edificação para a Secretaria de Saúde do Município de São Paulo. A construção foi feita pela empresa Brasil ao Cubo.

Figura 2 – Estudo de caso 1 – Anexo do Hospital 1 (2020)



Fonte: Tecverde, 2020 – p.1.⁴

⁴ Disponível em <<https://www.tecverde.com.br/2020/04/27/entrega-hospital-mboi-mirim/>>. Acesso em: 01 set. 2024

Como método serão desenvolvidas análises do projeto por meio de redesenhos e análises utilizando-se o conceito de decomposição, das estruturas principal e secundária, as vedações e a infraestrutura necessária para implantar uma obra em termos de se adaptar as novas tecnologias necessárias em um hospital de ponta.

O artigo foi desenvolvido através dos métodos de procedimentos histórico, comparativo e monográfico. Também como procedimento metodológico, utiliza-se método de abordagem hipotético-dedutivo, em vista dos conhecimentos disponíveis sobre um assunto em recente desenvolvimento: a construção modular *off-site* aplicada nos hospitais.

2 CONSTRUÇÃO MODULAR VOLUMÉTRICA

Abordaremos o tema Construção Modular Volumétrica em visões distintas, porém conectadas entre si. Discorreremos sobre: visão histórica, conceitos, usos e um aprofundamento na técnica de Construção Modular Volumétrica.

Habitar é a primeira necessidade do homem em termos de conforto ambiental, levando este a executar uma construção para se proteger. Logo, não nos surpreende o fato de os primeiros exemplos de construção pré-fabricada serem residências. A construção modular volumétrica teve sua origem na construção de edifícios habitacionais, contudo hoje abre-se um leque para aplicações e usos, como em hotéis e hospitais (Smith, 2010). As construções modulares atuais, não só atendem suas funções básicas, mas também podem ser personalizadas para atender as necessidades de conforto dos moradores.

Para compreender o processo do surgimento da construção modular volumétrica é importante considerar que esta história faz parte da evolução da construção pré-fabricada. Logo, distinguiremos neste trabalho o surgimento da construção pré-fabricada do surgimento da construção modular volumétrica, como uma ramificação da anterior.

O processo de industrialização na construção civil, com referência na longa história da própria construção como uma necessidade humana, é algo muito recente. É desafiante definir um ponto de convergência entre as bases de pesquisa para demarcar um local ou período histórico do surgimento da construção pré-fabricada. Contudo, as referências pesquisadas registram os primeiros exemplos de construção pré-fabricada no século XVII. Casas pré-fabricadas na Inglaterra foram enviadas para os EUA em 1624, para construção da vila pesqueira de Cape Anne (Arieff *in* Oliveira e Vale, 2018).

Na pesquisa desenvolvida para este trabalho, vale destacar dois registros de hospitais pré-fabricados construídos em madeira. Um deles é nas Índias Ocidentais, em 1801. John Rollo (1750-1809), escocês, médico-cirurgião militar, pioneiro no tratamento da diabetes, faz este registro em seu livro de anotações intitulado “*A short account of the Royal Artillery Hospital at Woolwich*”,

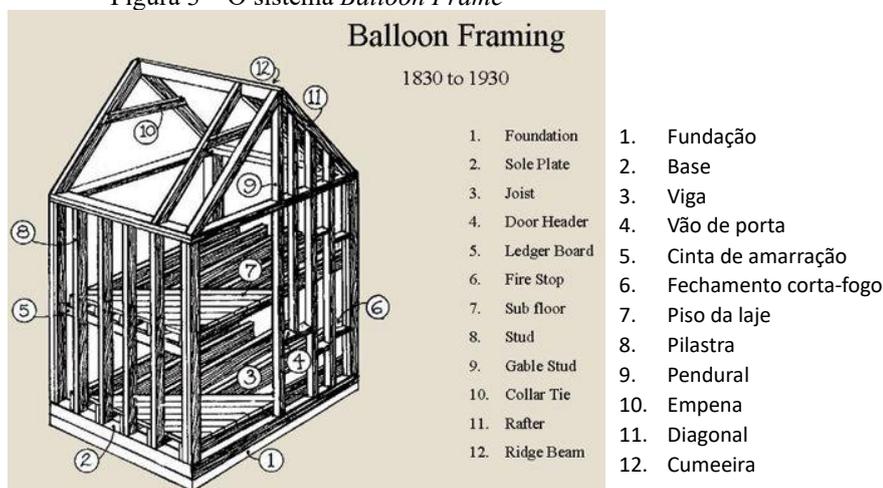
especificamente na página 32 (Rollo, 1801). Este registro é interessante para esta pesquisa que envolve construção modular aplicada à arquitetura hospitalar.

“Também há hospitais temporários e eles são preferíveis do que a cabana e a tenda. Eles são, entretanto, adequados apenas para as expedições de natureza insular, pois exigiriam um suporte terrestre, com uma proporção de carroças e cavalos que seria impraticável. Tal hospital foi construído pela Cia. das Índias Ocidentais e sendo aprovado, muitos foram produzidos e enviados para as ilhas. Durante os testes, eles foram muito criticados. O calor penetrava as laterais e a cobertura, especialmente esta, que sendo de cobre, difundia um calor intenso, de fato tão intenso que se tornaram inabitáveis, até a instalação de outra cobertura elevada a doze polegadas, com telhas”. (Rollo, 1801 – p. 35).

Em 1801, Rollo documentou o problema de conforto térmico dos hospitais modulares que ele visitou na Índias Ocidentais. Ainda atualmente, este continua sendo um desafio na construção modular volumétrica. Um recente estudo inglês, de Fifield, Lomas, Giridharan e Allinson, aborda o superaquecimento no verão em alas de internação hospitalar construídas pela técnica modular volumétrica. Neste estudo, feito em um hospital na Inglaterra, há conclusões sobre ineficiência energética e falta de ventilação natural.

O outro registro de hospitais pré-fabricados em madeira, foi por volta de 1790, construídos na Inglaterra para serem enviados à Austrália. Lá, eram construídos hospitais, armazéns e casas. O sistema construtivo ficou conhecido como *Balloon Frame* (Herbert in Oliveira e Vale, 2018).

Figura 3 – O sistema *Balloon Frame*



Fonte: Small Step Energy Solutions LLC, 2012 – p.1. ⁵

O sistema construtivo *Balloon Frame*, consistia em estruturas de madeira com montantes na altura total da edificação, de usualmente até dois pavimentos. As vigas também em montantes inteiros, faziam parte da estrutura da laje.

A construção pré-fabricada como processo industrial tem sua evolução a partir do século XIX. A revolução industrial foi muito favorável para a pré-fabricação, possibilitando o desenvolvimento de

⁵ Disponível em <<https://smallstepenergy.wordpress.com/tag/balloon-framing/>>. Acesso em: 23 nov. 2024

novos sistemas de conexão, desenvolvimento de materiais, processos tecnológicos e a logística para transporte dos elementos pré-fabricados. Um período muito significativo para o desenvolvimento da construção industrializada foi entre o final do século XIX e início do século XX. Neste período temos alguns acontecimentos e demandas que influenciaram no desenvolvimento da construção: revolução industrial, controle de qualidade, pensamento sistêmico, guerras mundiais, colonização britânica e início do modernismo na arquitetura. Na tabela a seguir (adaptada de Smith, 2010), sintetiza-se esta evolução em eventos, conceitos e períodos.

Tabela 1 – História da construção industrializada

	1850	1900	1950	2000
DEMANDAS URGENTES		Colonização Britânica	Guerras Mundiais	Desastres
REVOLUÇÃO INDUSTRIAL	Manufatura		Amplio impacto da mecanização	
FORDISMO/TAYLORISMO			Linha de produção em massa	
PENSAMENTO SISTÊMICO			Realizar	"Revolt" Reavaliar
DESENVOLVIMENTO DE ESPECIALIZAÇÕES			Guerras Mundiais	Especialização
CUSTO DO TRABALHO				Alto Custo
PERSONALIZAÇÃO EM MASSA				Centrado no Cliente
PRODUÇÃO LEAN				Modelo Toyota
FABRICAÇÃO DIGITAL			Aviação	Automóveis Arquitetura
BIM				Aviação Arquitetura
CONTRATO IPD (Integrated Project Delivery)				Risco Compartilhado
SAÚDE, SEGURANÇA E BEM-ESTAR				Litígios
SUSTENTABILIDADE			Melhor Ambiente	Crise Climática
AVANÇO TECNOLÓGICO DE MATERIAIS	Concreto	Aço	Alumínio Polímeros	Compositos Nano
PARADIGMAS NA ARQUITETURA		Arte e Ofício	Modernismo	Pós-Modernismo Minimalismo
RECESSÕES ECONÔMICAS				

Fonte: Beltrami, a partir de (Smith, 2010 – p. 4)

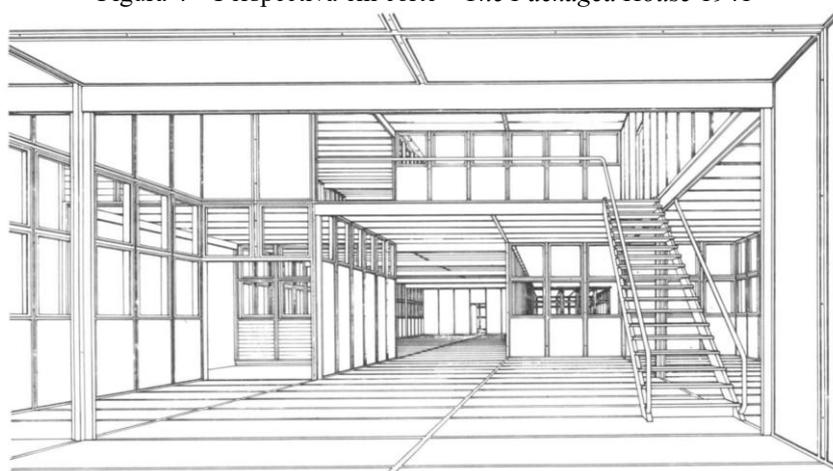
Delimitaremos neste trabalho um marco histórico de grande valor e importância para a arquitetura, considerando os componentes históricos apresentados na tabela anterior. E desenvolveremos a análise e pesquisa a partir da *Packaged House* de Walter Gropius e Konrad

Wachsmann, uma proposta para casa pré-fabricada de 1941, com conceitos muito próximos do que conhecemos hoje como construção modular volumétrica.

Walter Gropius (1883-1969) foi um arquiteto alemão, fundador da Bauhaus, escola que marcou a história mundial da arte, do desenho e da arquitetura. Konrad Wachsmann (1901-1980) também foi um arquiteto alemão. Nos Estados Unidos tiveram um grande reconhecimento, para onde migraram devido ao nazismo durante a Segunda Guerra Mundial.

Gropius e Wachsmann desenvolveram um sistema modular universal de construção para casas com componentes, painéis, estruturas e conexões. Dando origem aos elementos tridimensionais na construção pré-fabricada, que conhecemos hoje como Construção Modular Tridimensional.

Figura 4 – Perspectiva em corte – *The Packaged House* 1941



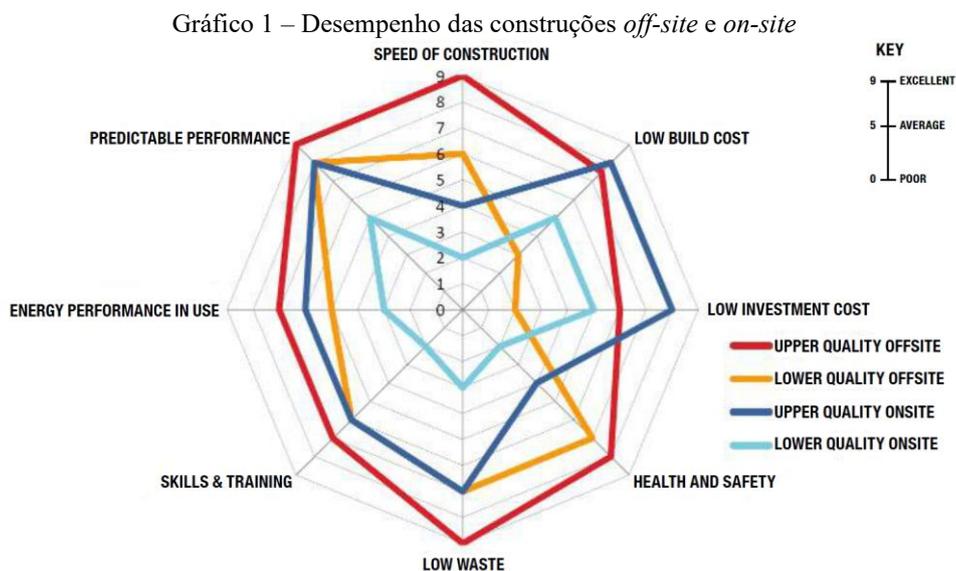
Fonte: Herbert, 1984 – p. 251

Gropius, ainda na Bauhaus, defendia que o arquiteto deveria projetar a indústria da construção e não ser moldado por ela. Havia uma vontade sincera no arquiteto e grande interesse pela construção industrializada (Rupnik *in* Valério, 2017). Quando Wachsmann chegou aos Estados Unidos como refugiado e com poucos pertences, em Setembro de 1941, encontrou Gropius e apresentou-lhe alguns desenhos sobre sistema construtivo em aço e alguns estudos sobre construção modular (Herbert, 1984). Nascia uma parceria de trabalho e de pesquisas que evoluiu para a *Packaged House*. Hoje uma referência nos estudos e história da pré-fabricação e da construção modular volumétrica.

[...] parece evidente que a solução prevista por W. Gropius de um “jogo de construtor em grande escala”, composto por peças normalizadas de produção industrial, não limitaria a variedade das composições específicas e dos espaços resultantes, mas sim, dependendo do talento criador do arquiteto, permitiria criar novos ritmos e expressar o caráter individual ou nacional da arquitetura. (Bruna, 2002 – p. 25 e 26).

Para empreendedores e construtores, há uma série de justificativas para a escolha do sistema de construção volumétrica modular *off-site*, dentre elas: prazo, custo, segurança, redução de resíduos, controle de qualidade e controle do cronograma de obra. Todas estas justificativas estão relacionadas

à sustentabilidade da obra, logo pode-se afirmar que a construção *off-site* é mais sustentável que a construção convencional *on-site*.



Fonte: Hairstans, 2014 – p. 15

A construção *off-site* refere-se à parte do processo de construção realizada fora da obra, em instalação adequada para a produção. Essa metodologia tem como principais características a elevada rapidez e a redução de atividades *on-site*, evitando a gestão de um grande número de pessoas no canteiro, obtendo planejamentos mais assertivos. (RCDI+S, 2023 – p. 21).

Mostramos no Gráfico 1, por Hairstans (2014), um comparativo de qualidade entre os dois tipos de processos construtivos. Para aprofundar no tema sustentabilidade, Krug e Miles (2013), realizam pesquisa com oito estudos de caso (três *off-site* e cinco convencional *on-site*) com as seguintes conclusões:

Tabela 2 – Benefícios da construção *off-site* para a sustentabilidade

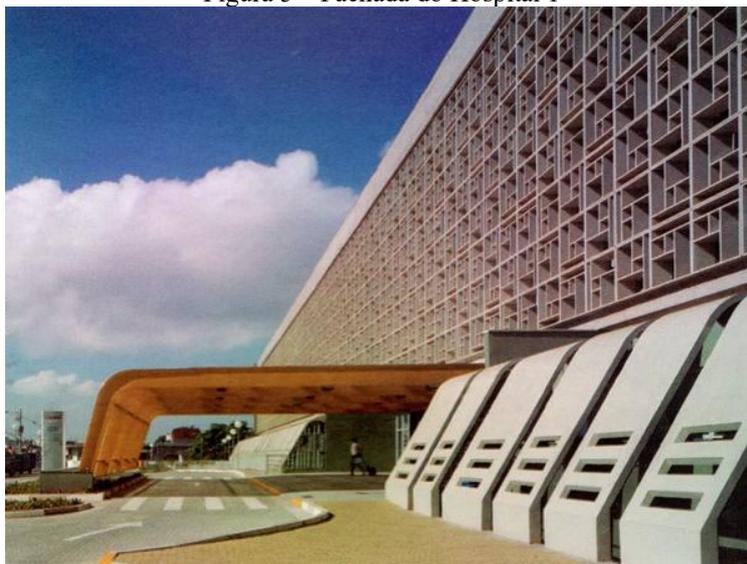
ATRIBUTO	MELHORIA POTENCIAL	BENEFÍCIO SOCIAL	BENEFÍCIO FINANCEIRO
Desenvolvimento Social			
Saúde e Segurança	>80%	Alto	Não se aplica
Condições de Trabalho	Considerável	Considerável	Não se aplica
Desenvolvimento Ambiental			
Redução de Transporte	>60%	Considerável	Pequeno
Redução de Energia (Construção)	>80%	Pequeno	Pequeno
Redução de Resíduos	>90%	Considerável	Considerável
Redução de Energia (Operação)	>25%	Considerável	Pequeno
Desenvolvimento Econômico			
Construção rápida	>60%	Considerável	Alto
Melhoria do fluxo de caixa	Considerável	Pequeno	Alto
Redução de falhas	>80%	Pequeno	Considerável

Fonte: Elaborado por Beltramini a partir de (Krug e Miles, 2013 – p. 4)

3 ESTUDO DE CASO

O Hospital 1 está localizado na Zona Sul da cidade de São Paulo, foi inaugurado em 2008 e é um hospital municipal com administração indireta privada desde sua inauguração. Originalmente, o hospital foi projetado com 200 leitos de internação e 40 leitos de UTI. Possui serviços de pronto-socorro, ambulatório, internação, centro de parto, centro obstétrico e centro cirúrgico. Possuía, antes de sua ampliação, aproximadamente 27 mil metros quadrados.

Figura 5 – Fachada do Hospital 1

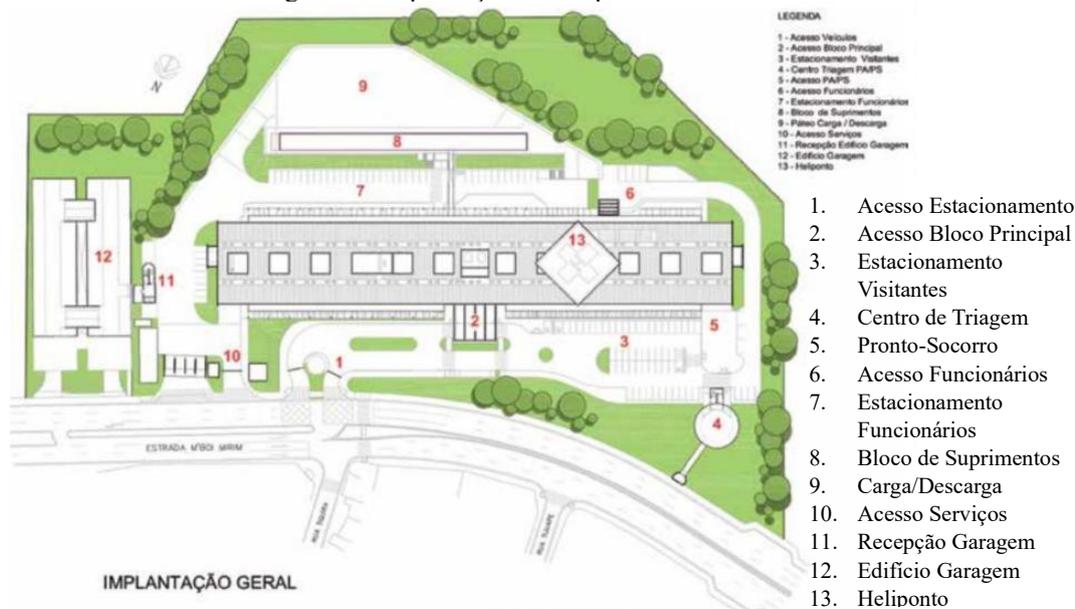


Fonte: Healtharq, 2013

É um estabelecimento assistencial de saúde muito importante na região, que é carente de serviços de saúde. O hospital está referenciado para uma população de cerca de 700 mil habitantes, correspondentes aos bairros de Jardim Ângela, Jardim São Luis e Capão Redondo. Antes de sua inauguração, esta população era assistida por outro EAS equivalente (Hospital Geral de Itapecerica da Serra), inaugurado em 1999, há cerca de 10 quilômetros de distância do Hospital 1.

Projetado em parceria pelos escritórios Borelli & Merigo (arquitetos José Borelli Neto e Hercules Merigo) e Makhohl Arquitetura (arquiteto Walter Makhohl), o Hospital 1 foi construído e inaugurado em 2008. É um hospital geral de médio porte e possui quatro pavimentos que abrigam os serviços de atendimento assistencial: internação psiquiátrica (subsolo); pronto-socorro, centro ambulatorial e centro diagnóstico (térreo); centro cirúrgico, centro obstétrico, centro de parto e unidades de terapia intensiva (1º pavimento); alas de internação (3º pavimento). O segundo pavimento é um andar técnico dedicado para o posicionamento das máquinas e equipamentos que atendem as áreas críticas localizadas no andar inferior. Sua área total construída tem aproximadamente 27.000 m².

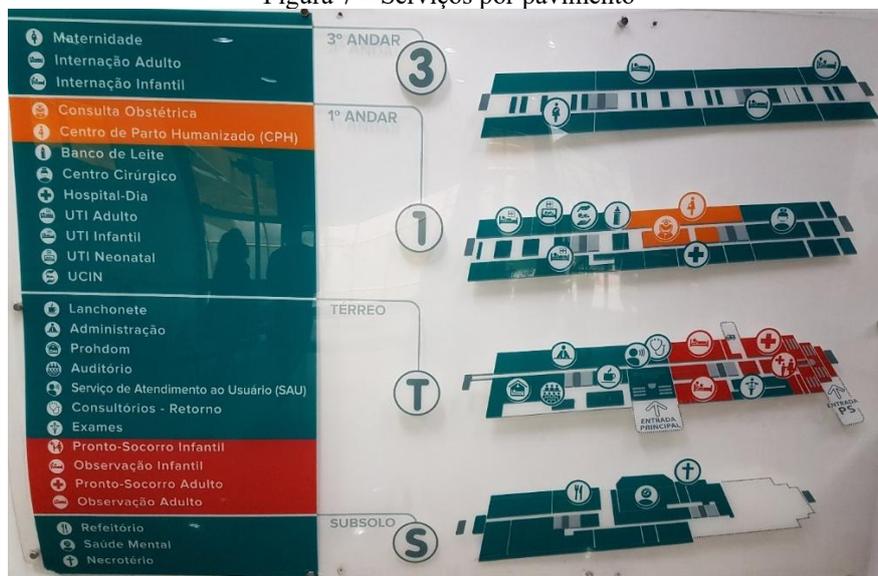
Figura 6 – Implantação do Hospital 1



Fonte: Healtharq, 2013

O hospital possui característica horizontal e pavilhonar, com duas torres de elevadores e quatro de escadas. Os setores foram muito bem implantados na edificação tanto do ponto de vista horizontal quanto vertical. O resultado observado no local é a alta disponibilidade dos elevadores que são demandados por breves deslocamentos. Também foram posicionados dez grandes átrios de jardins internos que possibilitam entrada de luz e ventilação naturais do terceiro ao primeiro pavimento.

Figura 7 – Serviços por pavimento



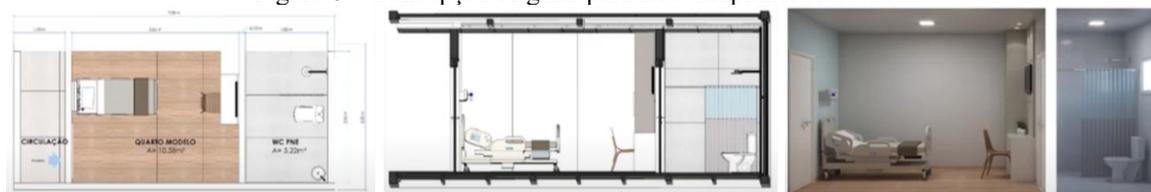
Fonte: Beltrami, painel fotografado no local em 09/12/2020

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

No mês de Março de 2020, deu-se início à pandemia do Covid-19. Com a iminência do aumento de casos e da necessidade de resposta rápida e imediata dos agentes da sociedade, foi organizada celeremente a montagem do hospital de campanha anexado ao Hospital 1, projetado inicialmente com 100 leitos de internação, divididos em 16 enfermarias.

Contudo, o caminho para o projeto a ser executado em 34 dias, teria início em uma ideia bem diferente. A Brasil ao Cubo, construtora que projetou e executou o anexo do Hospital 1, originalmente concebeu a ideia de módulos para leitos hospitalares residenciais, que pudessem ser instalados ou anexados próximos às residências das pessoas, conforme apresentado no vídeo 100 leitos em 33 dias (Brasil ao Cubo, 2022a). Este tipo de módulo, não foi executado e substituído muito rapidamente por uma nova ideia: construção de hospitais modulares.

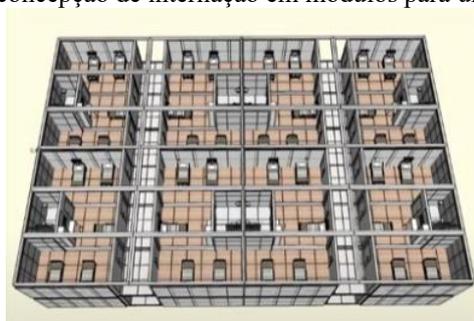
Figura 8 – Concepção original para leito hospitalar residencial



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

A nova ideia apresentou módulos de quartos de internação aglomerados e organizados de tal maneira que se iniciava uma caracterização de unidade de internação hospitalar. Os módulos foram dispostos em dois corredores. A Figura 29 ilustra esta disposição em 22 módulos conectados para a formação de 08 enfermarias de internação, com 05 leitos em cada enfermaria e totalizando 40 leitos. Esta foi a concepção inicial para o projeto do anexo do Hospital 1.

Figura 9 – Primeira concepção de internação em módulos para unidade de implantação



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

3.2 PROJETO

Um dos desafios para a implantação do anexo era sua conexão com o hospital existente, considerando que na época o hospital havia sido referenciado para atendimento de pacientes com

Covid-19. Contudo, mantiveram-se outros atendimentos como o centro obstétrico e o centro de parto. Era fundamental a adequação dos acessos destes pacientes e o encaminhamento interno deles dentro do hospital.

Figura 10 – Pátio de implantação do anexo



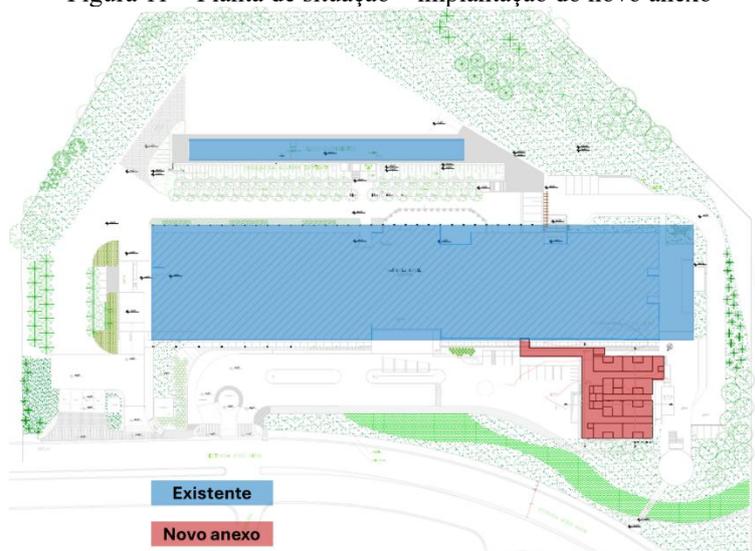
Fonte: Ateliê Urbano⁶

O anexo foi implantado em uma área de estacionamento, próxima ao acesso do Pronto-Socorro. A disposição da edificação precisaria facilitar a conexão com o bloco principal do hospital, visto que todos os serviços de apoio e outros serviços assistenciais estão posicionados no prédio existente. Serviços como: processamento de roupas, cozinha, centro cirúrgico, centro diagnóstico, laboratório, manutenção e unidade de terapia intensiva.

Esta conexão com o bloco principal foi resolvida com duas passarelas que interligam o prédio existente e o anexo, sendo uma passarela menor no nível do térreo e uma passarela maior, com destaque visual, no nível do primeiro pavimento. Na figura seguinte, o local de implantação do anexo está destacado em vermelho e o prédio existente em azul.

⁶ Disponível em <<https://www.atelieurbano.com.br/portfolio/paisagismo-hospital-m-boi-mirim/>>. Acesso em: 24 nov. 2024

Figura 11 – Planta de situação – implantação do novo anexo



Fonte: Hospital 1, adaptado por Beltramini

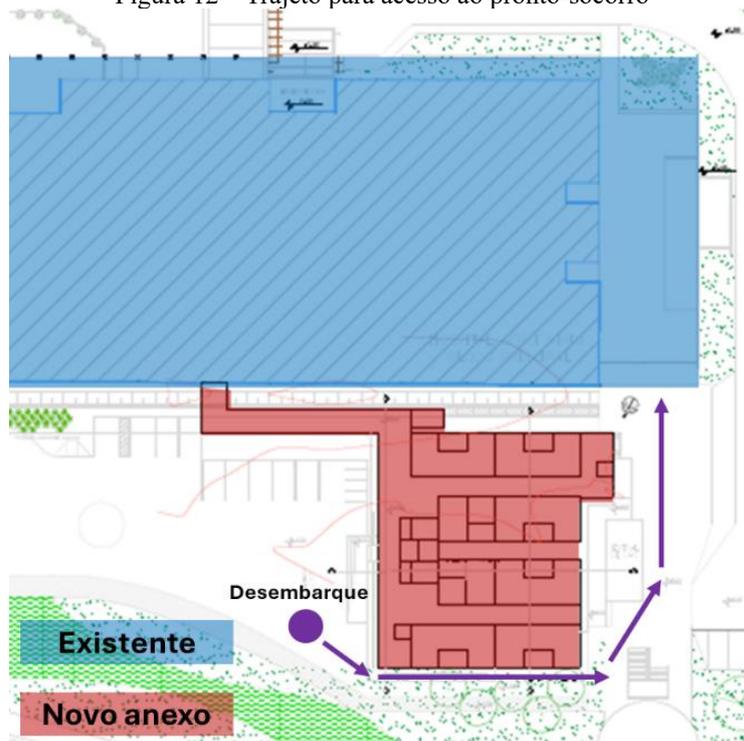
A nova edificação anexa possui área construída de 1.640m² dividida em dois pavimentos (térreo e pavimento superior) e em duas passarelas que fazem interligação com o hospital. Ao todo, é constituída por 70 módulos volumétricos produzidos no Estado de Santa Catarina em três fábricas diferentes da Gerdau e da Tecverde. Estes volumes prontos foram transportados por veículos que percorreram cerca de 400 quilômetros e cada veículo com capacidade de comportar até dois módulos, logo foram necessários pelo menos 35 veículos de transporte (caminhões) para a logística desta construção *off-site*.

Interessante apontar que o projeto original possui diferenças significativas para o projeto executado. Isto pode ser classificado em dois tipos de adequações: uma para atendimento de demanda sem atendimento de norma técnica e outra por causa de viabilidade financeira-operacional.

Cada pavimento é composto por duas alas de internação com uma área de apoio compartilhada. Em cada ala há quatro quartos, originalmente, três enfermarias de 04 leitos e um quarto de 01 leito de isolamento. Logo, no total, de acordo com a planta apresentada a seguir, o edifício anexo teria capacidade instalada para 52 leitos de internação. Todavia, foi executado e inaugurado com 100 leitos de internação.

O primeiro impacto observado e vivenciado no local por causa da implantação do bloco anexo é no acesso ao Pronto-Socorro do Hospital. Anteriormente, este acesso era facilitado, com possibilidade de parada para embarque/desembarque e minimamente aproximado da entrada em dias de chuva. O bloco anexo alterou esta dinâmica condicionando o paciente do pronto-socorro a dar uma volta maior, a pé, sob intempérie e sem possibilidade de aproximação de veículo. Isto tornou-se um desafio diário na rotina do pronto-socorro.

Figura 12 – Trajeto para acesso ao pronto-socorro



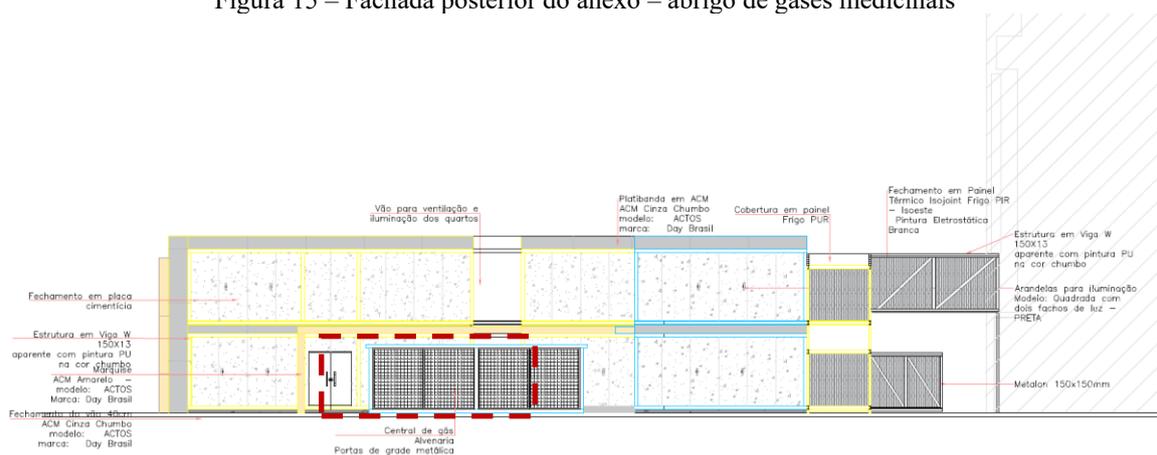
Fonte: Hospital 1, adaptado por Beltramini

O fluxo de pacientes que utilizam o bloco anexo é proveniente de dentro do hospital com toda interface de acesso exclusivamente pelas passarelas que interligam os dois blocos. As portas que parecem entradas de pacientes são apenas rotas de fuga em caso de incêndio. Na figura anterior, o fluxo desenhado em roxo representa o paciente que vai utilizar o serviço do pronto-socorro, localizado no bloco existente.

Outro problema consequente da implantação do anexo é a saída do pronto-socorro, também observado durante visita técnica. O paciente do pronto-socorro que teve alta, sai pela mesma porta de entrada, e às vezes alguns impossibilitados de andarem. O simples ato de solicitar um carro por aplicativo e encontrar o motorista na porta não é possível, porque os veículos não conseguem mais chegar na porta do pronto-socorro. O paciente deve ser levado até a área de embarque/desembarque do pronto-socorro, representado pela bolinha roxa na imagem anterior.

As referências dos serviços de apoio são as centrais do bloco existente do hospital. Os serviços como farmácia central, almoxarifado, cozinha, laboratório, manutenção, processamento de roupas abastecem e realizam coleta diariamente nos quartos de internação do bloco anexo. Este possui uma central exclusiva para gases medicinais, que conta com um compressor de ar-comprimido e um tanque de criogenia de oxigênio. A central fica posicionada na parte posterior do anexo e possui uma lição aprendida verificada em visita técnica.

Figura 15 – Fachada posterior do anexo – abrigo de gases medicinais



Fonte: Hospital 1

Em visita técnica no local, verificou-se que o compressor de ar-comprimido medicinal, equipamento que fica na parte externa do anexo (demarcada no desenho anterior), emite um ruído periódico bem alto a cada 10 ou 15 minutos. Do lado de dentro do bloco anexo, estando no corredor ou nos quartos de internação, este ruído alto é percebido pelos pacientes e gera incômodo e desconforto, principalmente durante o silêncio noturno.

Na planta a seguir, representada na Figura 23, é possível visualizar os módulos volumétricos desenhados na cor rosa. Percebe-se que o dimensionamento entre os módulos tem uma variação, há módulos maiores e menores, além dos específicos fabricados para a passarela de interligação ao Hospital 1. A acoplagem destes módulos é feita no local de implantação do anexo. Estima-se que cerca de 80% da construção é executada na fábrica e os outros 20% são feitos no local (Brasil ao Cubo, 2024a).

Os acabamentos e revestimentos são simples. No geral, manta vinílica aplicada no piso, pintura acrílica branca nas paredes e forro removível. Áreas molhadas possuem também manta vinílica no piso e pintura acrílica nas paredes, mesmo que o recomendado seja acabamento cerâmico. A cerâmica foi instalada apenas nos pisos e paredes dos boxes dos banheiros.

Figura 18 – Foto de banheiro do quarto (26/05/2023)



Fonte: Beltramini

Figura 19 – Foto de quarto



Fonte: Secretaria Municipal da Saúde⁷

Na visita técnica feita no local, puderam ser observadas algumas diferenças entre o projeto e a execução. A principal foi em relação à quantidade de leitos por quarto, como já apresentado. Outra importante mudança foi que no projeto havia leito de isolamento, obrigatório por norma a cada 30 leitos de internação. Nenhum quarto do anexo estava caracterizado ou construído como leito de isolamento.

Também foram observadas patologias provenientes da acoplagem dos módulos no centro dos corredores. Um deles possuía uma grande fenda no piso, sinalizado para evitar acidades. Outra observação é que se compararmos as fotos de inauguração do prédio e as fotos do dia da visita técnica,

⁷ Disponível em < <https://capital.sp.gov.br/web/saude/w/noticias/296791>>. Acesso em: 25 jan. 2025

perceberemos uma redução da iluminância nos ambientes. Não justificada por tratamento digital de imagens, pois as visitas técnicas foram feitas regularmente entre 2020 e 2024.

Figura 20 – Foto do corredor (26/05/2023)



Fonte: Beltramini

4.3 PROCESSO CONSTRUTIVO

Os módulos volumétricos foram construídos em Santa Catarina e no Paraná, o processo de execução e montagem foi dividido em três etapas: montagem dos chassis metálicos utilizados para piso e teto, montagem dos painéis de paredes com finalização dos módulos e acoplagem no local.

Figura 21 – Base do módulo em fábrica – chassi metálico de piso



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

A confecção dos componentes e módulos foi realizada em três parques fabris localizados em Santa Catarina e Paraná, nas cidades de Tubarão, Araucária e Curitiba. Dois sítios de propriedade da Brasil ao Cubo e um sítio de propriedade da Tecverde. A estrutura dos chassis e do módulo é em aço e a composição dos painéis das paredes é no sistema *wood frame* em composição com painéis isotérmicos.

A primeira etapa foi executada em Tubarão, com a montagem de chassis de 70 módulos volumétricos, ou seja, cerca de 140 chassis montados em estrutura metálica com linha de produção de alta qualidade e controle.

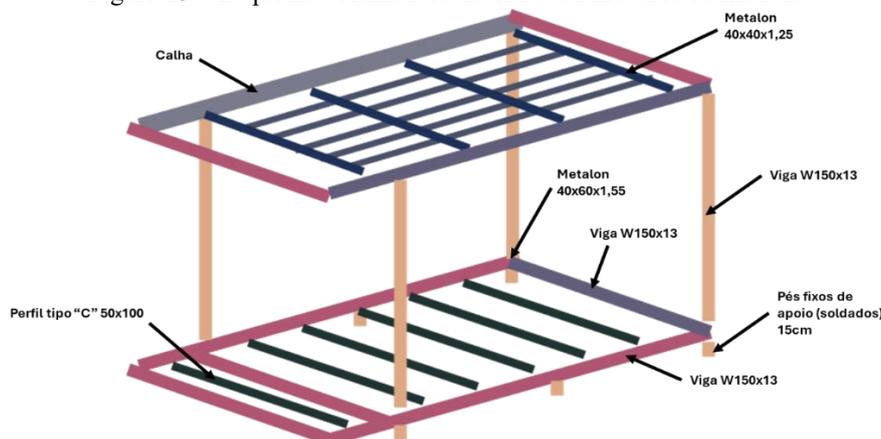
Figura 22 – Fábrica da Brasil ao Cubo em Tubarão/SC – montagem dos chassis



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

A composição do chassi de piso é diferente da composição do chassi de teto, cada qual com seus requisitos funcionais e estruturais. A perspectiva a seguir foi reproduzida pelo autor a partir de um desenho parcial de Brasil ao Cubo (2022b). O desenho é esquemático para entendimento, esta montagem do módulo foi feita na etapa de montagem das paredes.

Figura 23 – Esquema volumétrico da estrutura metálica de módulo



Fonte: Beltramini – reprodução a partir de Brasil ao Cubo, 2022b

As paredes dos módulos foram fabricadas em um pátio automatizado em Curitiba, com processo em linha de produção para corte de esquadrias (janelas e portas). Após a montagem dos painéis, os módulos foram montados em uma terceira fábrica em Araucária, com a junção dos chassis e dos painéis, que dá origem aos módulos volumétricos. Esta composição dos módulos pode ser considerada uma etapa à parte, colocada entre as etapas 2 e 3, classificadas pela Brasil ao Cubo (2022b).

Figura 24 – Fábrica da Tecverde em Curitiba/PR – montagem dos painéis das paredes



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

Antes do recebimento e acoplagem dos módulos (etapa 3), o local precisou ser preparado primeiro. Foi feita uma fundação rasa, radier, para recebimento dos módulos fabricados. Toda a logística de trânsito na região foi adaptada para a parada dos caminhões e desembarque dos módulos. Ao todo foram mobilizados 35 caminhões, assincronicamente.

Figura 25 – Preparação de estrutura rasa (radier) para recebimento dos módulos (02/04/2020)



Fonte: Beltrami, painel fotografado no local em 21/10/2020

Os módulos foram transportados por caminhões (dois módulos por veículo) até o local da implantação, distância de pouco mais de 400 quilômetros. A etapa 3 consiste na acoplagem dos módulos no local da construção do anexo.

Figura 26 – Acoplagem dos módulos no local



Fonte: Brasil ao Cubo, 2022b

A acoplagem é feita em um período curto, em comparação com uma obra convencional. Todo o processo de fabricação e acoplagem foi feito em 34 dias. Os módulos começaram a chegar no local depois de 12 dias do início da produção dos módulos em fábrica. No 34º dia, o anexo estava equipado e inaugurado, através do esforço e comprometimento das empresas envolvidas na construção e na operação.

Figura 27 – Acoplagem dos módulos (05/04/2020)



Fonte: Beltrami, painel fotografado no local em 21/10/2020

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É pertinente lembrar que este estudo de caso foi pioneiro ao unir a técnica da construção volumétrica modular com a arquitetura hospitalar. Muito há que ser desenvolvido e estudado. Estas considerações finais são conclusivas no cenário desta pesquisa, no tempo atual. Seguir-se-ão outras pesquisas acadêmicas, trabalhos e desenvolvimentos de mercado que certamente melhorará a técnica construtiva, sua relação com o projeto e o espaço hospitalar construído em si.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram feitas algumas análises e observações que sintetizaremos a seguir, juntamente com as conclusões a respeito do tema da construção volumétrica

modular e de sua aplicação na arquitetura e engenharia hospitalar, embasados pelo estudo de caso apresentado.

Retomamos os resultados de Guimarães e Rosa (2022), que apontaram como aprendizado das empresas envolvidas citando os seguintes pontos de melhoria:

- Acesso à cobertura;
- Posicionamento da central de gás;
- Esperas na fundação;
- Detalhes de acoplagem;
- Ordem logística de entrega e acoplagem dos módulos conforme grau de complexidade.

Somados aos pontos citados, do ponto de vista projetual, destacamos e reforçamos estes temas de atenção, considerando o estudo dos materiais e a visita técnica realizada:

- Não atendimento da norma RDC 50/02 em relação ao afastamento lateral entre leitos e paredes;
- Uso de MDF no acabamento de paredes nos corredores até o piso. Este material não é recomendado em rodapés ou alturas que podem ser passíveis de lavagem;
- O projeto não contempla copa de distribuição específica para a unidade. Ela é compartilhada com uma copa dentro do Hospital;
- Acústica permite que os pacientes ouçam os ruídos gerados no abrigo de gases medicinais, principalmente os emitidos pelo compressor de ar-comprimido medicinal;
- Equipamentos de climatização sem filtragem adequada para alas de internação;
- Prolongamento excessivo do fluxo de acesso ao pronto-socorro do Hospital. A implantação do anexo dificultou o acesso ao pronto-socorro, contudo isto independe da técnica construtiva;
- O projeto prevê quartos de isolamento, porém não foram construídos.

Ainda em relação ao processo projetual, não foram identificados pontos positivos, ou vantagens, exclusivos da técnica construtiva que possam melhorar as etapas de projeto. Todavia, é uma vantagem desta técnica a estruturação modular no desenho, principalmente por se tratar de um projeto hospitalar. Talvez uma exclusiva vantagem possa ser a possibilidade da construção de um módulo dedicado para testes em fábrica.

Já do ponto de vista da técnica construtiva, destacamos outros temas de atenção verificados na análise de materiais e na visita ao local. São eles:

- Os corredores apresentaram patologias nas juntas de acoplagem dos módulos logo após um ano de uso e ocupação do anexo;



- No início da operação, a equipe de manutenção do hospital apresentou grande dependência das empresas envolvidas na construção para correção e prevenção de falhas construtivas e de instalações;
- Um ponto fraco desta técnica é o conforto acústico e térmico, segundo alguns materiais estudados. Se não forem bem observados e tratados durante projeto e execução, o prédio ficará com patologias crônicas neste sentido. O estudo de caso apresenta este problema no conforto acústico.

A principal vantagem da construção volumétrica modular é o prazo de execução, recorde entre as técnicas construtivas de engenharia. O mercado possui certa resistência para adoção deste tipo de construção, pois o custo é mais elevado do que as construções convencionais. Sabe-se que o investimento publicado para construção do anexo do estudo de caso, foi de dez milhões de reais e que sua área construída é de 1.200 metros quadrados. Logo, temos um custo médio de R\$ 8.333,33/m².

Para o mercado que pretende adotar a técnica da construção volumétrica modular, não basta realizar um comparativo de preços de construção por metro quadrado. É fundamental realizar um estudo de viabilidade considerando os prazos de construção, os custos por metro quadrado e aplicar uma previsão de faturamento durante os meses de antecipação de prazo da construção volumétrica modular em relação à construção convencional.

A construtora Brasil ao Cubo projetou e executou hospitais e anexos hospitalares em alguns Estados durante e depois da pandemia de Covid-19. Para esta pesquisa, os autores mantiveram contato técnico com um engenheiro da empresa, que não divulgaremos o nome nesta pesquisa. Em Setembro de 2024, ele comunicou que a empresa encerrou as atividades para projetos e obras personalizadas, incluindo as hospitalares. A empresa estaria investindo e lançando modelos residenciais e hoteleiros.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores agradecem a CAPES pelo apoio na pesquisa de mestrado do autor e na publicação deste artigo.



REFERÊNCIAS

AGUILAR, A. R. D.; RODRIGUES, I. de O.; OLIVEIRA, K. N. de; SILVA, T. M.; SALOMÃO, P. E. A. S. Alternativas modulares na construção civil e sua influência sobre a racionalização da obra. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 10, 10, 2022. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1175>. Acesso em: 27 set. 2023.

ANDRADE, D. P. de; ROSÁRIO, R. A. R. D. do; FERNANDES, R. B. Arquitetura emergencial: considerações sobre respostas projetuais à pandemia da Covid-19. *Revista Projetar Projeto e Percepção do Ambiente*, v. 6, n. 2, maio de 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/23090>. Acesso em: 27 set. 2023.

ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada nº 50, de 21 de Fevereiro de 2002. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 20 de março de 2002.

BICALHO, F. de C. *A arquitetura e a engenharia no controle de infecções*. Rio de Janeiro: Editora Rio Books, 2010.

BITENCOURT, F.; COSTEIRA, E. *Arquitetura e engenharia hospitalar*. Rio de Janeiro: Editora Rio Books, 2014.

BRASIL AO CUBO. *A construção modular mais rápida do Brasil – Brasil ao Cubo*. YouTube, 23 de julho de 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UKVJmTaGu3E&t=196s>. Acesso em: 08 dez. 2024.

_____. *100 leitos em 33 dias – Hospital Modular Off-site – Brasil ao Cubo*. YouTube, 15 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Pxu-N2I4mPs&t=449s>. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *Hospital M’Boi Mirim – Entregue em 33 dias*. YouTube, 23 de agosto de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=71GGi8jDuVY>. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *Soluções Construtivas Ágeis*. YouTube, 08 de novembro de 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_ShNM3bGp3Q. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *A Inovação por trás da Construção Modular – Parte 01*. YouTube, 02 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DFhIIR1kRQo&t=2s>. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *A Inovação por trás da Construção Modular – Parte 02*. YouTube, 15 de fevereiro de 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iwx7zwMZ0M&t=493s>. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *A Inovação por trás da Construção Modular – Parte 03*. YouTube, 15 de março de 2023. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=4ki6m5uW7_A. Acesso em: 03 nov. 2024.

_____. *Portfólio Hospitalar*. 2023. Disponível em: <https://brasilaocubo.com/segmento/hospitalar-9>. Acesso em: 01 set. 2024.

BRUNA, P. J. V. *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. São Paulo: Perspectiva, 2002.



COELHO, G. M. Arquitetura e industrialização: a influência da filosofia “lean” nos processos de gestão da construção. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2020.

DUTRA, J.; VUOLO, A. S. Industrialização na construção civil: estudo de caso para construções modulares voltadas para edificações emergenciais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2021.

FIFIELD, L. J.; LOMAS, K. J.; GIRIDHARAN, R.; ALLINSON, D. Hospital wards and modular construction: Summertime overheating and energy efficiency. *Building and Environment*, v. 141, 28-44, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318303081>. Acesso em: 27 set. 2023.

GUIMARÃES, T. de C.; SANTOS, B. S. M. Metodologias ágeis na construção civil: estudo de caso da construção volumétrica modular aplicada no Hospital M’Boi Mirim em São Paulo. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 2207-2225, janeiro de 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42463>. Acesso em: 27 set. 2023.

HERBERT, G. The dream of the factory-made house: Walter Gropius and Konrad Wachsmann. The Massachusetts Institute of Technology: 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318303081>. Acesso em: 18 ago. 2024.

HAIRSTANS, R. Building offsite: an introduction. Edinburgh Napier University, 2014.

HEALTHARQ. Edição nº 07, Ano 03, Ribeirão Preto: Grupo Mídia, 2013.

HOOVER, S.; SNYDER, J. A new era for modular design and construction. FMI. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/biblioteca/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

HORTA, B. de A. Construção modular tridimensional: pré-fabricação, tecnologia, trabalho, obsolescência e arquitetura. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2021.

IMPERIALE, A. An American Wartime Dream: The Packaged House of Konrad Wachsmann and Walter Gropius. ACSA Fall Conference: 2012. Disponível em: <https://www.acsa-arch.org/proceedings/Fall%20Conference%20Proceedings/ACSA.FALL.12/ACSA.FALL.12.8.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ÍSBILEN, E. The unbearable lightness of an Open System: the Packaged House 1941-47. FOOTPRINT, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42463>. Acesso em: 18 ago. 2024.

KARMAN, J. Manutenção e segurança hospitalar preditivas. São Paulo: Estação Liberdade: IPH, 2011.

KRUG, D.; MILES, J. Offsite construction: sustainability characteristics. Londres: Buildoffsite, 2013. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/biblioteca/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

LAWSON, M.; OGDEN, R.; GOODIER, C. Design in modular construction. Londres: CRC Press, 2014.



MEIRELLES, C. R. M.; SANT'ANNA, S. S.; SOUZA, V. C. de; MARCONDES, F.; FEHR, L.; JUNIOR, J. A. de O.; MICHELIN, G. A.; BRUNA, G. C.; RAIA, F. A. A gestão da construção civil por meio de inovações tecnológicas. Seven Editora, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/1425>. Acesso em: 19 out. 2024.

OLIVEIRA, G. de S.; VALE, C. M. do. Estratégias de flexibilidade na construção pré-fabricada. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, v. 25, n. 37, 2º sem. 2018. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/Arquiteturaeurbanismo/article/download/20433/14930>. Acesso em: 20 out. 2024.

RCDI+S. REDE CONSTRUÇÃO DIGITAL, INDUSTRIALIZADA E SUSTENTÁVEL et al. Industrialização e Construção Off-site, v. 01. São Paulo: CTE, 2023, 58 p. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/biblioteca/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ROLLO, J. A short account of the Royal Artillery Hospital at Woolwich: with some observations on the management of artillery soldiers, respecting the preservation of health. Londres: J. Mawman, Poultry, 1801. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=IXpbAAAAQAAJ&ots=r4j4KX0rtL&dq=john%20rollo&lr&pg=PA1#v=onepage&q=john%20rollo&f=false>. Acesso em: 18 ago. 2024.

ROSSO, T. Racionalização da Construção. São Paulo: FAUUSP, 1980.

SANTOS, M.; BURSZTYN, I. Saúde e arquitetura: caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio, 2004.

SMITH, R. E. Prefab architecture: a guide to modular design and construction. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2010.

SMITH, R. E.; QUALE, J. D. Offsite architecture: constructing the future. Londres: Routledge, 2017.

VALÉRIO, T. V. Pré-fabricação em arquitetura: projeto de sistema construtivo modular a partir da interação arquiteto/ambiente produtivo. Dissertação (Mestrado Profissional em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.

WALLANCE, D. The future of modular architecture. Londres: Routledge, 2021.

YIN, R. K. Enhancing the quality of case studies in health services research. HSR Health Services Research, p. 1209-24, 1999.

_____. Case study research: design and methods. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2009 (Applied social research methods volume 5).