

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO

LISIANE DE SOUZA RODRIGUES LOPES

DIRETRIZES PARA PROJETOS DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE
MILITARES COM SISTEMAS MODULARES VOLUMÉTRICOS

São Leopoldo

2024

LISIANE DE SOUZA RODRIGUES LOPES

**DIRETRIZES PARA PROJETOS DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE
MILITARES COM SISTEMAS MODULARES VOLUMÉTRICOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Teribele

São Leopoldo

2024

L864d

Lopes, Lisiane de Souza Rodrigues.

Diretrizes para projetos de estabelecimentos de saúde militares com sistemas modulares volumétricos / por Lisiane de Souza Rodrigues Lopes. – São Leopoldo, 2024.

216 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, 2024.

Orientação: Profª. Drª. Alessandra Teribele, Escola Politécnica.

1.Hospitais militares. 2.Arquitetura de hospitais.
3.Instalações de saúde – Projetos e plantas. 4.Edifícios pré-moldados. 5.Construção modular. I.Teribele, Alessandra. II.Título.

CDU 725.18:725.51
72:355.724
355.724:69.057

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

LISIANE DE SOUZA RODRIGUES LOPES

**DIRETRIZES PARA PROJETOS DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE
MILITARES COM SISTEMAS MODULARES VOLUMÉTRICOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Aprovado em 16 de agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André de Souza Silva – UNISINOS

Profa. Ms. Vera Lúcia Mascarello – UNISINOS

Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara – UFSC

Dedico este trabalho ao meu marido Bruno, cujo apoio e incentivo foram essenciais.

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, quero expressar minha gratidão à Universidade do Vale do Rio dos Sinos pela Bolsa Unisinos de Apoio à Pesquisa Ciência, Tecnologia, Inovação e Empreendedorismo (CTIE) que me proporcionou a oportunidade de realizar o Mestrado. Sou grata aos professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da mesma instituição, que desempenharam papel fundamental no meu desenvolvimento profissional durante este período de aprendizado.

Quero estender meus agradecimentos à professora Vera Lúcia Mascarello, que generosamente compartilhou seu tempo e expertise para orientar este trabalho.

Em especial, minha gratidão à orientadora Alessandra Teribele, cujo apoio, orientação e incentivo foram essenciais para a conclusão deste estudo. Sua presença constante, acompanhando cada etapa, foi crucial ao fornecer valiosas orientações técnicas para o progresso da pesquisa.

Gostaria de agradecer aos colegas da Universidade Unisinos pelo apoio recebido, em especial ao coordenador, o professor André de Souza Silva. Também agradeço ao colega arquiteto Rafael Ártico por suas contribuições. Um agradecimento final aos colegas de trabalho da equipe de arquitetura pelo apoio constante, especialmente à colega arquiteta Silvia Eidt Monteiro.

Agradeço aos meus pais, Silvia e Hailton, por terem possibilitado meus estudos em Arquitetura e Urbanismo e por continuarem me apoiando em minha jornada acadêmica. Um agradecimento especial também às minhas irmãs Cristiane e Adriane, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo o suporte necessário. E, por fim, agradeço a motivação constante durante a fase de conclusão das amizades mais próximas.

RESUMO

A temática desta pesquisa trata dos projetos dos estabelecimentos assistenciais de saúde militares utilizando o Sistema Modular Volumétrico no Estado do Rio Grande do Sul. É conhecido um elevado número de organizações militares neste território, ocasionando um grande fluxo de pessoas aos atendimentos médico-hospitalares. Por conseguinte, a necessidade de um planejamento antecipado de melhorias ou ampliações das instalações se faz necessário em atendimento a essas demandas, pois os sistemas construtivos tradicionais são lentos. A pesquisa levanta então o questionamento como é possível com o uso do Sistema Modular Volumétrico planejar módulos de partes dos estabelecimentos assistenciais de saúde militares obtendo flexibilidade e ganho de tempo de projeto e de execução desta forma. O objetivo geral do trabalho foi definir diretrizes para metodologia projetual para estabelecimentos assistenciais de saúde militares com a utilização de sistemas pré-fabricados modulares volumétricos aprimorando assim o processo de projeto. Tais diretrizes são relevantes aos gestores das Organizações Militares de Saúde servindo como suporte na tomada de decisões de forma rápida e assertiva e, proporcionando assim, o planejamento antecipado de melhorias nas instalações hospitalares. A pesquisa fundamenta-se: em um levantamento do programa de necessidades mínimo necessário a essas organizações; estudos sobre o Sistema Modular Volumétrico e suas vantagens; soluções compositivas dos edifícios de estabelecimentos assistências de saúde com o uso desse sistema e; tendências e normativas desta temática. No método experimentaram-se, de forma documental e exploratória, as composições do que são os módulos base e os multimódulos de medida de piso de forma individual e de forma compositiva conforme projetos e demandas da unidade hospitalar presente em hospitais militares no intuito de constituir módulos volumétricos tridimensionais. Os resultados mostraram que é possível usar o sistema modular volumétrico na elaboração de projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde militares utilizando esta metodologia criada com base nas diretrizes projetuais para fins de orientação.

Palavras-chave: arquitetura hospitalar; construção modular; sistema modular volumétrico; módulo; projeto modular; edifício modular.

ABSTRACT

The theme of this research deals with the projects of military health care facilities using the Volumetric Modular System in the State of Rio Grande do Sul. A large number of military organizations are known in this territory, causing a large flow of people to medical and hospital care. Therefore, the need for advance planning of improvements or expansions of facilities is necessary to meet these demands, since traditional construction systems are slow. The research then raises the question of how it is possible, with the use of the Volumetric Modular System, to plan modules of parts of military health care facilities, obtaining flexibility and saving time in design and execution in this way. The general objective of the work was to define guidelines for design methodology for military health care facilities using volumetric modular prefabricated systems, thus improving the design process. Such guidelines are relevant to managers of Military Health Organizations, serving as support in making decisions quickly and assertively, thus providing advance planning of improvements in hospital facilities. The research is based on: a survey of the minimum requirements program for these organizations; studies on the Volumetric Modular System and its advantages; compositional solutions for healthcare facility buildings using this system; and trends and regulations on this topic. The method involved documentary and exploratory experiments on the compositions of what are the base modules and multi-modules of floor measurement, individually and in a compositional way, according to projects and demands of the hospital unit present in military hospitals, with the aim of constituting three-dimensional volumetric modules. The results showed that it is possible to use the volumetric modular system in the preparation of projects for military healthcare facilities using this methodology created based on the design guidelines for guidance purposes.

Key-words: hospital architecture; modular construction; volumetric modular system; module; modular design; modular building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organizações Militares de Saúde no território brasileiro	29
Figura 2 – Legenda das Organizações Militares de Saúde	29
Figura 3 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Gu A.....	39
Figura 4 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Gu Ba.....	40
Figura 5 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Ge SM.....	41
Figura 6 – Sistema de referência	48
Figura 7 – Diferentes Sistemas de Referência.	49
Figura 8 – Exemplo compositivo com componentes modulados.....	50
Figura 9 – Volumétrico versus não volumétrico.....	51
Figura 10 – cadeia de tipos de pré-fabricação	52
Figura 11 – Tipos de módulos genéricos	55
Figura 12 – Detalhes de um módulo típico de 4 lados	57
Figura 13 – Módulo longo com corredor.....	58
Figura 14 – Módulos de Banheiro abertos sendo anexados a um edifício existente.	59
Figura 15 – Arranjos horizontalmente lado a lado possibilitam um formato mais amplo.	60
Figura 16 – Edifício Hospitalar Modular durante a instalação de módulos abertos. ...	60
Figura 17 – Pontos de fixação.....	62
Figura 18 – Construção Modular. (a) Componentes do módulo, (b) Módulo volumétrico concluído e (c) Montagem concluída no local	63
Figura 19 – Exemplo de içamento.....	64
Figura 20 – Planejamento da disposição dos módulos.	65
Figura 21 – Previsão de Instalações de Incêndio no Módulo	67
Figura 22 – Modelo BIM no Hospital modular.	72
Figura 23 – Hospital Northside Gwinnett, Atlanta.....	74
Figura 24 – Uma zona de colaboração e mapeamento de enfermeiras implantada em uma UTI modular construída totalmente fora do local para o Northside Hospital Gwinnett em Lawrenceville, Geórgia.....	75
Figura 25 – Planta baixa esquemática do uso de unidades do STAAT Mod.....	76
Figura 26 – A instalação de uma unidade modular de observação no Advocate Aurora Health – Grafton Medical Center em Wisconsin	76
Figura 27 – Vista Aérea Montagem Módulos Advocate Aurora Health	77

Figura 28 – Vista Aérea Advocate Aurora Health.....	77
Figura 29 – Perspectiva Projeto Advocate Aurora Health	77
Figura 30 – Processo de implantação do Hospital Leishenshan.....	79
Figura 31 – Construção do Hospital Leishenshan: (a) visão geral; e (b) instalação de módulos.....	80
Figura 32 – Canteiro de obras do Hospital Leishenshan.....	80
Figura 33 – Subdivisão funcional dos módulos.	82
Figura 34 – 3 Conjuntos funcionais básicos.....	83
Figura 35 – Conceito de zoneamento no Hospital Leishenshan	84
Figura 36 – Imagem antes (esquerda) da construção e depois (direita) do Hospital Huoshenshan em Wuhan, China.....	85
Figura 37 – Vista aérea Hospital Huoshenshan em Wuhan, China.....	86
Figura 38 – Operários instalam peças pré-fabricadas para montar os módulos do hospital Huoshenshan.....	86
Figura 39 – Planta Baixa dos zoneamentos.....	87
Figura 40 – Disposição em : área crítica (Polluted area), área semi-crítica (semi-polluted area), e área limpa (clean area) e marcação dos eixos de acesso da equipe medica e de enfermagem e acesso externo dos pacientes.	88
Figura 41 – Hospital Sarah Kubitschek em Brasília	90
Figura 42 – Fotografia da maquete física do Hospital Sarah	91
Figura 43 – Construção do Hospital Modular Acoplado de Samambaia	92
Figura 44 – Módulos do Hospital Modular Acoplado de Samambaia	93
Figura 45 – Montagem do segundo pavimento do Hospital Modular Acoplado de Samambaia	93
Figura 46 – Fachada principal	95
Figura 47 – Instalação dos Módulos.....	96
Figura 48 – Instalação dos Módulos no conjunto.	96
Figura 49 – Enfermaria.....	96
Figura 50 – Passarela de conexão do hospital com o anexo e também a vista externa com a arte de grafite e interna com a estrutura aparente.....	97
Figura 51 – Fachada expansão Hospital Independência	98
Figura 52 – Layout interno do Hospital Independência,	99
Figura 53 – Acesso e rampa lateral.....	99
Figura 54 – Enfermaria.....	100

Figura 55 – Circulação no primeiro pavimento.	100
Figura 56 – Exemplos de módulos.	102
Figura 57 – STAAT Mod.....	104
Figura 58 – Módulos para ambientes de corredor.....	105
Figura 59 – Módulos para acomodar os infectados.....	106
Figura 60 – Ilustração de circulações para pacientes e pessoal médico. (Fornecido pela CSADI.)	107
Figura 61 – Componentes da unidade modular.	108
Figura 62 – Unidades modulares de isolamento para pacientes com condições leves a moderadas para a pandemia de COVID-19.	109
Figura 63 – Fluxos conectando diferentes áreas.....	112
Figura 64 – Circulação Hospital Modular	113
Figura 65 – Passarela Hospital Rede SARAH, Brasília.....	114
Figura 66 – Corredor único.....	115
Figura 67 – Solução em "T".....	115
Figura 68 – Corredor Duplo.....	116
Figura 69 – Circulações secundárias	116
Figura 70 – Variações do corredor único.	117
Figura 71 – Corredor simplesmente carregado em duas versões.....	119
Figura 72 – Corredor duplamente carregado	119
Figura 73 – Apartamento padrão Hospital Albert Einstein, São Paulo, 1997.	120
Figura 74 – Cenários alternativos de implementação do IRH.	121
Figura 75 – Projeto modular adotado para o Hospital Leishenshan. (Fornecido pela CSADI.)	122
Figura 76 – Conjuntos de módulos do hospital Leishenshan	123
Figura 77 – Conjuntos de módulos hospitalares diferentes.....	123
Figura 78 – Método proposto para condução da <i>Design Science Research</i>	140
Figura 79 – Delineamento da Metodologia e Aplicação do Método	141
Figura 80 – Lógica para a construção das classes de problemas.....	144
Figura 81 – Relação de critérios estabelecidos pela autora para a aplicação.....	146
Figura 82 – Etapas do projeto e desenvolvimento do artefato	147
Figura 83 – Esquema gráfico da evolução do Módulo Volumétrico Tridimensional	150
Figura 84 – Grão mínimo	152

Figura 85 – Quadriculado modular para o projeto de arquitetura e para projeto estrutural	153
Figura 86 – Carreta de referência	155
Figura 87 – Consultório e circulação de fluxo intenso.....	156
Figura 88 – Estudo quarto privativo (um leito).....	158
Figura 89 – Estudo primeiro quarto semi-privativo (dois leitos).....	159
Figura 90 – Consultório diferenciado.....	159
Figura 91 – Estudo de conjuntos de multimódulos para formar a sala cirúrgica pequena.	160
Figura 92 – Estudo segundo quarto semi-privativo (dois leitos).....	161
Figura 93 – Estudo de enfermaria de 3 leitos.....	161
Figura 94 – Estudo de conjuntos de multimódulos para formar a sala cirúrgica média	162
Figura 95 – Multimódulos de medida de piso	163
Figura 96 – Estudo em sanitário de paciente.	164
Figura 97 – Estudo em sanitário de funcionário.	164
Figura 98 – Multimódulos derivados do Tipo 2, 2A e 2B.	165
Figura 99 – Layout quarto do adulto.....	169
Figura 100 – Estudo do quarto privativo na pesquisa.	169
Figura 101 – Layout Sala de exames (Raio X).....	170
Figura 102 – Estudo Layout Sala de Exames	170
Figura 103 – Layout sala de exames de Tomografia	171
Figura 104 – Estudo de conjuntos das salas cirúrgicas.	172
Figura 105 – Conjunto de módulos combinados para o projeto de um ambulatório	175
Figura 106 – Estudo compositivo unidade internação.....	176
Figura 107 – Perspectiva de uma possibilidade de internação.	177
Figura 108 – Estudo compositivo unidade CME.....	177
Figura 109 – Passo 1 Modulação.....	208
Figura 110 – Passo 2 definição dos ambientes (quarto de internação, banheiro paciente) e previsão de instalações (shaft).	208
Figura 111 – Passo 3 projetar o layout.....	209
Figura 112 – Passo 4 definir dimensões dos módulos – Módulo 2,40x6,00m e 2,40x3,60m)	209
Figura 113 – Estudos de análises funcionais na unidade do Ambulatório	210

Figura 114 – Estudos com os primeiros módulos de forma isolada na unidade do Ambulatório	210
Figura 115 – Estudos com os primeiros módulos em conjunto na unidade do Ambulatório.	211
Figura 116 – Estudos de zoneamento e fluxos no Ambulatório	211
Figura 117 – Estudos de zoneamento do CME em modulação de 2,40m	212
Figura 118 – Estudo inicial de solução compositiva internação	212
Figura 119 – Layout consultório indiferenciado	213
Figura 120 – Layout consultório diferenciado.....	214
Figura 121 – Layout Consultório de serviço social	215
Figura 122 – Layout Sala de isolamento	216

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados de Hospitais Militares referidos	36
Quadro 2 – Hospital Modular Acoplado de Samambaia, Brasília, DF.....	94
Quadro 3 – Dimensões encontradas nos módulos tridimensionais.....	110
Quadro 4 – Número mínimo de módulos e alturas no tipo corredor.....	124
Quadro 5 – Características estudadas e autores	126
Quadro 6 – Relação entre o Design Science Research e a pesquisa.....	138
Quadro 7 – Estudos de composição por zoneamento e fluxo paciente.....	173
Quadro 8 – Resumo módulos determinados para o presente estudo	184
Quadro 9 – Atendimento aos requisitos	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estrutura mínima encontrada nos hospitais pesquisados	42
Tabela 2 – Estudo de proposta de artefato	145
Tabela 3 – Estrutura mínima necessária nos hospitais	148
Tabela 4 – Programa de necessidades do projeto da Unidade do Ambulatório.....	149
Tabela 5 – Resumo definições modulares do projeto	153
Tabela 6 – Informações Módulos Volumétricos Tridimensionais.....	166
Tabela 7 – Lógica dos submódulos.....	167
Tabela 8 – Programa de necessidades Ambulatório com a aplicação dos multimódulos de medidas de piso	188
Tabela 9 – Programa de necessidades Centro Cirúrgico com a aplicação dos multimódulos de medidas de piso.	189

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHU	Advocate Aurora Health
AIA	Instituto Americano de Arquitetos (The American Institute of Architects)
AMV	Arquitetura Modular Volumétrica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BIM	Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling)
BNH	Banco Nacional da Habitação
BRB	Banco de Brasília
CBC	Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum
CRO 3	Comissão Regional de Obras 3
CSADI	Instituto de Design Arquitetônico Centro-Sul (Central-South Architectural Design Institute)
CTIE	Ciência, Tecnologia, Inovação e Empreendedorismo
CTRS	Centro de Tecnologia da Rede Sarah
D Sau	Diretoria de Saúde do Exército Brasileiro
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EPS	Placas de Poliestireno Expandido
GEA-hosp	Grupo de Estudos em Arquitetura e Engenharia Hospitalar
HCI	Hospital Colônia Itapuã
HRSAM	Hospital Regional de Samambaia
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
PDOM	Plano Diretor da Organização Militar
RAS	Rede de Atenção à Saúde
RS	Rio Grande do Sul
SMV	Sistema Modular Volumétrico
SOMASUS	Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Tema	21
1.2 Delimitação do Tema	21
1.3 Problematização	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo Geral	22
1.4.2 Objetivos Específicos	23
1.5 Justificativa.....	23
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
2.1 A Arquitetura Hospitalar Militar no Rio Grande do Sul	28
2.1.1 Breve Histórico dos Hospitais.....	30
2.1.2 Evolução da Tipologia Hospitalar	31
2.1.3 Estabelecimentos Assistenciais de Saúde Militares do RS	34
2.2 O Sistema Modular Volumétrico	44
2.2.1 Sistemas Construtivos Pré-fabricados.....	44
2.2.2 Coordenação Modular	46
2.2.3 Construção Modular	50
2.2.4 Fundamentos do Sistema Modular Volumétrico	63
2.2.5 Vantagens do Sistema Modular Volumétrico.....	70
2.3 Hospitais com o Uso do Sistema Modular Volumétrico	73
2.3.1 Hospitais no Exterior	73
2.3.2 Hospitais no Brasil.....	89
2.3.3 Módulos.....	102
2.3.4 Orientações para combinações.....	111
2.4 Tendências e Desafios para Projeto com o Sistema Modular Volumétrico.	131
2.5 Normativas	133
3 METODOLOGIA	136
3.1 Metodologia de Pesquisa (Classificação da pesquisa).....	136
3.2 Delineamento da Metodologia.....	139
3.2.1 Identificação do Problema	142

3.2.2 Conscientização do Problema.....	142
3.2.3 Revisão Sistemática da Literatura.....	142
3.2.4 Identificação dos Artefatos e Configuração das Classes de Problemas	143
3.2.5 Proposição de Artefato para Resolução do Problema.....	144
3.2.6 Critérios para a Análise de Resultados	145
3.3 Aplicação do Método	147
3.3.1 Projeto e Desenvolvimento do Artefato	147
3.3.1.1 <i>Programa de Necessidades</i>	147
3.3.1.2 <i>Módulo Básico</i>	149
3.3.1.3 <i>Multimódulos</i>	154
3.3.1.4 <i>Tipos de módulos e Layouts</i>	167
3.3.1.5 <i>Soluções Compositivas</i>	172
3.3.1.6 <i>Diretrizes projetuais – passo a passo da metodologia projetual</i>	178
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	180
4.1 Avaliações do Artefato.....	180
4.2 Explicações das Aprendizagens (análise)	180
5 CONCLUSÃO	190
REFERÊNCIAS.....	194
GLOSSÁRIO.....	206
APÊNDICE A – ESQUEMAS ESTUDO MÓDULO BÁSICO	208
APÊNDICE B – ESQUEMAS ESTUDOS COMPOSITIVOS	210
ANEXO A – CONSULTA SOMASUS	213

1 INTRODUÇÃO

O cenário deste trabalho está baseado nos aspectos que envolvem a expansão e a adequação de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) militares com dimensões e tipos diferentes de unidades de serviços assistenciais, tais como posto médico (ambulatório), policlínicas ou até mesmo a edificação de um hospital, utilizando o conceito de sistemas pré-fabricados modulares volumétricos. Os estabelecimentos assistenciais de saúde militares incluem desde hospitais de área, hospitais gerais, hospitais de guarnição, policlínicas, até mesmo postos de saúde pertencentes ao Exército Brasileiro existentes em todo o Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde do DATASUS, no Estado do Rio Grande do Sul, até o mês de junho de 2020, havia 20 Hospitais Especializados, 298 Hospitais Gerais e 15 Hospitais Dia.

Nilsson (1979) enfatiza que a relevância de se planejar instalações físicas que permitam futuras adaptações e expansão está diretamente ligada à necessidade de otimizar os recursos alocados aos hospitais. Essa questão é ainda mais crítica em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde esses recursos são limitados. Assim, o planejamento se torna uma atividade essencial para os profissionais do setor de saúde, permitindo que os hospitais se reposicionem, tanto em termos físicos quanto administrativos, econômicos e em outras áreas, frente ao contexto atual brasileiro. Esse reposicionamento é especialmente motivado pela característica histórica de complexidade que permeia o setor (MENDES, 2007).

Sampaio (2005) destaca que o desenho de um ambiente hospitalar exige, mais do que qualquer outro espaço, uma série de considerações voltadas para a satisfação e o bem-estar da equipe, dos pacientes, dos funcionários em geral e dos administradores.

Sampaio (2005) também destaca que a arquitetura hospitalar frequentemente se vê diante de desafios relacionados à adaptação aos avanços tecnológicos da medicina, ao cumprimento de normas regulatórias que asseguram a qualidade dos ambientes projetados, à complexidade e flexibilidade exigidas dos projetos, e aos altos custos das instalações. Isso pode levar, em algumas ocasiões, à infração, por parte do projetista, dos princípios ambientais que deveriam ser observados.

Neste cenário, uma nova perspectiva sobre o espaço arquitetônico tem ganhado importância nos processos de planejamento em saúde, enfocando a relação entre o ambiente construído e o bem-estar físico e emocional das pessoas. Essa nova abordagem destaca a urgência de diretrizes de projeto inovadoras, que não apenas atendam às demandas de cuidados, mas também ajudem na promoção da saúde (ZAMPIVA, 2016).

A variação induzida por eventos inesperados, como pandemias, por exemplo, pode resultar efeitos significativos nos serviços de saúde (SANTANA et al., 2020). Para tanto, é necessário um planejamento de projeto e execução no menor prazo possível. Nesse cenário, a construção modular tornou-se uma opção preferencial para a construção de instalações médicas e de quarentena durante a pandemia, porque, dentre outras características, possui alto grau de pré-fabricação onde os módulos individuais servem como espaços completos nas edificações. Esses módulos são fabricados em ambientes controlados e transportados para canteiros de obras para montagem rápida. (DING et al., 2022)

Diante da pandemia do novo coronavírus, tornou-se urgente a construção de hospitais de campanha em tempo recorde para atender a população mais impactada. Nesse contexto, a construção modular destacou-se como uma solução eficaz, evidenciando a relevância dos projetos modulares e da gestão ágil (DE CASTRO GUIMARÃES e SANTOS, 2022).

Dessa forma, o uso dos módulos, além de proporcionar uma execução rápida, também oferece um planejamento antecipado do projeto, de forma a também acelerar o tempo de projeto. Segundo o autor Chen et al (2021) em estudo sobre o hospital Wuhan Leishenshan construído recentemente na China, para reduzir a carga de trabalho e acelerar o projeto, engenheiros e arquitetos utilizaram sistemas pré-fabricados modulares.

A construção modular está acelerando projetos de forma confiável. Embora os primeiros projetos modulares tenham um histórico misto de economia de custos, eles foram consistentemente concluídos de 20 a 50 por cento mais rápido do que as construções tradicionais no local (BERTRAM et al., 2019).

Historicamente, o principal uso da construção modular era em edifícios portáteis ou temporários, mas essa tecnologia de construção pré-fabricada usando unidades volumétricas é agora usada em uma ampla gama de tipos de construção, desde escolas, hospitais, escritórios e supermercados, até edifícios residenciais de grande altura (LAWSON et al., 2014).

A arquitetura pré-fabricada do final do século XX, além de habitações, incluiu projetos de maior escala, personalizados, e para o setor público, sendo importante citar aqui a obra do arquiteto Louis Isadore Kahn (FONYAT, 2013).

No caso do Brasil, a necessidade de construções em grande escala surgiram com força na década de 1950, mas foi na segunda metade da década de 1970 que o Banco Nacional da Habitação (BNH) passou a estimular timidamente a introdução de novas tecnologias, como a construção com elementos pré-fabricados de concreto, segundo Fonyat (2013).

Na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, pode-se citar um exemplo do segmento hospitalar realizado em 2020 de execução de um projeto com a utilização da construção modular (50 módulos ao total). Trata-se do Hospital Independência, executado pela empresa Brasil ao cubo, cuja fábrica está situada na cidade de Tubarão, no Estado de Santa Catarina. Nessa edificação, foram construídos 842 metros quadrados em um período de 28 dias.

Na construção de hospitais durante uma pandemia, um dos principais indicadores é a velocidade de construção. Ao construir edifícios modulares, a velocidade de construção depende diretamente da velocidade de fabricação dos módulos na fábrica (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

É amplamente reconhecido que a construção de um hospital é uma das iniciativas mais complexas, devido à sua interação com tecnologias avançadas e a atuação de profissionais especializados, além do fato de que seu principal ocupante é um indivíduo em situação vulnerável, que necessita de conexões humanas (SAMPAIO, 2005).

Portanto, é fundamental que a concepção e operação de um hospital considerem a flexibilidade e a possibilidade de futuras ampliações e adequações. Segundo MIQUELIN (1994), a flexibilidade está intimamente ligada à modulação e à padronização dos espaços e layouts (SAMPAIO, 2005). No intuito de contribuir com este aspecto de grande relevância a presente pesquisa pretende estudar quais são essas possibilidades de ampliações e adequações com o uso do Sistema Modular Volumétrico.

A definição das dimensões desses módulos é essencial para assegurar projetos que maximizem a relação custo/benefício, já que eles serão reproduzidos várias vezes para formar as tipologias desejadas (ARTICO, 2020).

A investigação das relações espaciais entre os módulos, que é o cerne da variabilidade compositiva, pode ser realizada através dos seus elementos estruturais - pilar, viga e conexões - e das características de fixação exigidas em diferentes arranjos. A criação de alternativas compositivas, juntamente com as diretrizes de fixação pertinentes, possibilitaria que a combinação entre composição e conexão fosse "projetada" antecipadamente (TERIBELE, 2016).

O trabalho pretende então estudar e estabelecer o módulo com dimensões mínimas e examinar tais módulos na forma de edifício através de composições e outros arranjos pertinentes ao programa de necessidades dos estabelecimentos assistenciais de saúde militares existentes no Estado do Rio Grande do Sul.

A pesquisa está estruturada da seguinte maneira: no Capítulo 1 são apresentadas a introdução e a justificativa da pesquisa, bem como seus objetivos; a fundamentação no Capítulo 2, no qual descreve-se o cenário da arquitetura hospitalar militar do Rio Grande do Sul, o Sistema Modular Volumétrico, definições e vantagens deste sistema, exemplos de hospitais com a utilização deste tipo de sistema, as tendências e desafios para projetos com o uso do Sistema Modular Volumétrico e também as normativas pertinentes à delimitação do tema; o Capítulo 3 classifica a pesquisa e, na sequência, subdivide-se em delineamento da metodologia e aplicação do método. O fechamento deste capítulo são os resultados e análises desta realização do método; o Capítulo 4 retoma resultados e discussões já apresentados. Por fim, o Capítulo 5 encerra com as conclusões e as recomendações para futuras pesquisas; seguido da Referência Bibliográfica, Apêndices, Anexos e Glossário.

1.1 Tema

Projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde militares utilizando o Sistema Modular Volumétrico.

1.2 Delimitação do Tema

O tema delimita-se ao Estado do Rio Grande do Sul e aos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) Militares tais como hospitais e postos de saúde do Exército Brasileiro.

Estabelecimento assistencial de saúde (EAS) é denominado a qualquer edificação destinada a prestação de assistência à saúde a população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade (ANVISA,2002).

A Rede de Atenção à Saúde é definida como a combinação de ações e de serviços de saúde acompanhada de diferentes densidades tecnológicas integradas por meio de sistemas de apoio técnico, logístico e de gestão, os quais buscam garantir a integralidade do cuidado (TEMPORÃO, 2010).

Os níveis de atenção e assistência à saúde no Brasil são estabelecidos pela Portaria 4.279 de 30 de dezembro de 2010, que estabelece as diretrizes para a organização da Rede de Atenção à Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), sendo elas: atenção primária, atenção secundária e terciária.

Segundo o anexo que compõe essa portaria, os níveis estruturam-se por meio de arranjos produtivos conformados segundo as densidades tecnológicas singulares, variando do nível de menor densidade, ao de densidade tecnológica intermediária, (atenção secundária à saúde), até o de maior densidade tecnológica (atenção terciária à saúde).

O presente trabalho abrange os estabelecimentos de pequeno porte (porte 1), ou seja, aqueles com capacidade instalada entre 5 a 50 leitos e com níveis de atenção à saúde primário e secundário. O nível primário é constituído principalmente pelas Unidades Básicas de Saúde, enquanto a atenção secundária é composta pelos serviços especializados encontrados em hospitais e ambulatórios. As unidades de Pronto Atendimento se enquadram também neste ponto. O desenvolvimento do estudo trata-se de uma aplicação do Sistema Modular Volumétrico em projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde de pequeno porte considerando um programa de necessidades e suas instalações mínimas necessárias dentro do domínio do Rio Grande do Sul na Organização Militar. O estudo não irá incluir a avaliação de outros aspectos tais como, desempenho acústico, isolamento térmico, resistência ao fogo e demais relacionados.

Assim sendo, o desenvolvimento da pesquisa envolve a integração de duas áreas: As Unidades de Saúde Militares de pequeno porte e o Sistema Modular Volumétrico.

1.3 Problematização

A Diretoria de Saúde (D Sau) com o repasse de recursos orçamentários do Governo Federal, entre outras prioridades, tem buscado justamente a modernização das organizações militares de saúde. Contudo, seria importante que houvesse um planejamento antecipado de melhorias e/ou ampliações das instalações, a fim de assessorar os gestores nas tomadas de decisões de forma rápida e assertiva. Dessa forma, evita-se que, por falta de orientação ou conhecimento técnico precário desta área de arquitetura para a saúde, os recursos sejam empregados de forma incorreta.

Assim pode-se destacar o problema da pesquisa, ou seja, **é possível planejar módulos de partes, e suas combinações para alcançar projetos de edificações dos estabelecimentos assistenciais de saúde do Exército Brasileiro utilizando o Sistema Modular Volumétrico visando otimização de tempo de projeto e execução propiciada pelo sistema?**

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Diretrizes para metodologia projetual de estabelecimentos assistenciais de saúde militares com a utilização de sistemas pré-fabricados modulares volumétricos para otimizar o processo de projeto e, conseqüentemente, o da execução, visto as características do sistema.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos propostos para analisar essa problemática são:

- a) analisar e identificar a estrutura mínima do programa de necessidades dos estabelecimentos de saúde militares conforme normativas;
- b) identificar quais as vantagens dos sistemas modulares volumétricos pertinentes aos ambientes assistenciais de saúde;
- c) elaborar um mapeamento dos Hospitais exemplares escolhidos que utilizam o Sistema Modular Volumétrico, levantando as características relevantes ao estudo do sistema em questão;
- d) examinar as dimensões dos módulos vinculados ao programa de necessidades e as possibilidades compositivas entre eles a fim de compor as diretrizes técnicas de projeto.

1.5 Justificativa

Atualmente, são mais de 108 (cento e oito) quartéis do Exército Brasileiro no Estado do Rio Grande do Sul cobertos quanto às demandas de instalações pela Comissão Regional de Obras 3 (CRO 3) conforme dados informados por esta comissão, e por consequência, existe uma grande soma de militares atuantes no Estado. Sendo assim, devido a esse elevado número de militares residentes neste Estado, somado ao advento decorrido da pandemia COVID-19, os estabelecimentos assistenciais de saúde militares do Rio Grande do Sul possuem uma significativa procura por atendimentos médico-hospitalares.

Durante este período pandêmico, observou-se o envio de recursos orçamentários destinados às organizações militares de saúde com o objetivo de adequar ou expandir os ambientes a fim de atender à família militar de forma rápida e eficaz. Paralelamente, surge uma nova demanda diferente aos gestores dessas organizações e aos profissionais técnicos arquitetos e engenheiros atuantes em projetos de arquitetura hospitalar.

Diante de cada crise, surge a urgência por transformações. Essa urgência é frequentemente acompanhada por uma resistência. Superar a crise requer, inevitavelmente, que tanto os setores público quanto privado enfrentem a oposição ou a relutância em adotar novas tecnologias e conhecimentos, desafiando-os a reimaginar suas formas de pensar, planejar e executar (BONATTO, 2023).

Qualquer projeto arquitetônico deve definir e observar seu sistema construtivo para garantir a viabilidade e a possibilidade de construção da edificação. Em outras palavras, é fundamental aplicar corretamente o conhecimento e a experiência em construção para alcançar o sucesso em um empreendimento. Isso é especialmente relevante em projetos de grande escala, como no caso dos hospitais. É imprescindível considerar a construção da edificação em si, a fim de facilitar e racionalizar os processos construtivos (FARIAS, 2016).

E, segundo Bonatto, é imprescindível que a Administração Pública reconheça e siga o caminho da construção a seco, visando melhorias em produtividade, eficiência e qualidade nas obras públicas. O setor privado já evidenciou as notáveis vantagens da construção a seco em comparação com os métodos tradicionais. No entanto, a Administração Pública ainda tem pouca experiência com essa tecnologia, que permite construções de maior qualidade em um tempo significativamente menor (BONATTO, 2023).

Nessa esfera, acompanhando de uma maneira geral as realizações na área de arquitetura e engenharia no plano internacional, observou-se que o uso de sistemas construtivos pré-fabricados modulares se mostrou eficiente para atender à necessidade de projeto e execução de um hospital de forma rápida.

Considerando que o hospital é um organismo dinâmico e que sua arquitetura e engenharia estão intrinsecamente ligadas à função médico-científica, é essencial que o planejamento inicial contemple um programa desenvolvido por uma comissão especializada ou por um consultor técnico com expertise na área hospitalar (CAMPOS, 1965).

Diante dessa experiência, observada a chegada dos recursos e das demandas necessárias junto às instalações dos EAS militares com resposta ágil e eficiente, **faz-se necessária uma pesquisa para a elaboração de um estudo na área de sistemas pré-fabricados, modulares volumétricos aplicado às edificações de saúde militares do Estado do Rio Grande do Sul.**

E, além disso, tal pesquisa possibilita atender, na prática, **a comunidade militar** e também proporcionar o **desenvolvimento das áreas de conhecimento – a arquitetura hospitalar e o sistema modular.**

Segundo o Instituto Americano de Arquitetos (2019), um número crescente de projetos de construção em vários mercados utiliza a construção modular. Sendo assim, a pesquisa se torna **relevante para a categoria profissional de arquitetos** sob o ponto de vista de área de conhecimento da construção modular com a atuação prática no desenvolvimento de projetos para a saúde.

O Instituto também coloca que a demanda cada vez mais urgente nos mercados de habitação, hospitalidade e saúde também está impulsionando mais projetos ao uso da construção modular. Muitos locais estão passando por uma grave escassez de moradias, e a construção modular – com seu potencial para aumentar significativamente a velocidade de entrega e também oferecer oportunidades de economia de custos – é vista como uma estratégia particularmente adequada para resolver o problema (AIA, 2019).

O sistema construtivo modular requer uma mudança significativa na mentalidade e nos métodos, sem mencionar a necessidade de estabelecer ambientes de fabricação. Por outro lado, pode ser usado para construir estruturas sólidas e esteticamente agradáveis e fornecer eficiências consideráveis ao longo do tempo (BERTRAM et al., 2019).

A construção modular usa unidades tridimensionais ou volumétricas que são pré-fabricadas e totalmente acabadas em condições de fábrica e são montadas no local para criar edifícios completos ou partes principais de edifícios. Essa nova forma de construir usando unidades modulares pré-fabricadas acarreta muitos benefícios econômicos, construtivos e de sustentabilidade (LAWSON et al., 2014).

As discussões sobre a eficiência dos projetos, bem como qualidade, produtividade, racionalização, planejamento e gestão, estão se tornando cada vez mais relevantes entre as empresas do setor. Os gestores estão em busca constante de alternativas que propiciem vantagens competitivas, redução de custos, aprimoramentos contínuos e que apresentem tanto flexibilidade para se adaptar rapidamente às mudanças do mercado quanto capacidade de responder aos desafios imediatos, como a pandemia provocada pelo vírus SARS-Cov-2 (COVID-19), que teve início no Brasil em 2020. (DE CASTRO GUIMARÃES e SANTOS, 2022).

Segundo os autores Borodeyko e Khvatynets (2021), os módulos podem ser transportados para outro local e utilizados para a construção de um objeto completamente diferente do inicial. Para o Exército esse aspecto é de grande relevância, porque as transformações são recorrentes, por exemplo, devido ao acréscimo de militares que ocorre com a chegada do efetivo variável de soldados, partes de Organizações Militares que tinham uma determinada função são transformadas em alojamentos ou em outras áreas demandadas.

Portanto, entende-se que a pesquisa também será **relevante aos gestores das organizações militares de saúde**, na medida em que servirá como suporte na necessidade de tomada de decisão rápida frente às demandas e podendo servir até mesmo como um planejamento antecipado de melhorias nas instalações hospitalares.

Além dos gestores, **o setor público também se beneficia desta proposta de pesquisa**. Na visão do autor Bertram (2019), o setor público também pode facilitar a adoção modular por meio da modernização dos módulos de construção. Ele ainda complementa que, na medida em que isso pode ser alcançado e é apropriado, a simplificação dos módulos de construção pode impulsionar a eficiência da fabricação até mesmo em diferentes regiões geográficas.

Como sendo um dos setores mais significativos do mundo, a construção pode sofrer um impacto considerável através de transformações profundas. Projetos modulares recentes demonstraram um histórico robusto de aceleração nos cronogramas de 20% a 50% (BERTRAM et al., 2019). Dessa forma, entende-se que até mesmo as empresas atuantes na construção civil voltada aos estabelecimentos de saúde podem se beneficiar desta pesquisa.

Nos ambientes de saúde, o hospital se destaca como a edificação mais complexa, exigindo um conhecimento técnico elevado dos arquitetos na concepção de seus projetos (SAMPAIO, 2010).

Bertram (2019) considera que os projetos modulares tendem a levar mais tempo para serem projetados do que os projetos tradicionais, pois os projetistas precisam estar alinhados ao processo de fabricação. As decisões de projeto precisam ser tomadas antecipadamente e as alterações posteriores no processo são mais caras e mais difíceis. A indústria não está acostumada a trabalhar dessa forma. Os escritórios de projeto estão procurando desenvolver bibliotecas de módulos para o processo de fabricação, potencialmente acelerado e simplificado por meio de projeto automatizado, o que reduzirá o tempo de projeto. Um cliente identificou uma economia de quase 15% no tempo de projeto por meio do uso de bibliotecas modulares (BERTRAM et al., 2019).

Através da presente pesquisa será possível gerar uma série de diretrizes projetuais técnicas que servirá para orientar profissionais gestores, profissionais arquitetos e engenheiros, viabilizando a expansão e as adequações para a modernização das instalações. O estudo deve incluir nestas diretrizes os tipos de módulos, combinações e soluções compositivas de edifícios modulares ou até mesmo apenas uma unidade hospitalar configurada em uma edificação. Os profissionais poderão antecipadamente verificar as possibilidades de composições e assim já obter um ganho de prazos de execuções dos empreendimentos, interferindo minimamente na rotina do hospital.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Arquitetura Hospitalar Militar no Rio Grande do Sul

No âmbito militar, a nível nacional, a Diretoria de Saúde (D Sau) do Exército Brasileiro é responsável pela orientação técnica às Inspetorias de Saúde, Seções de Saúde Regionais e a todas as organizações de saúde da Força, que incluem: o Hospital Central do Exército, seis Hospitais Militares de Área, sete Hospitais Gerais, dez Hospitais de Guarnição, quatro Policlínicas Militares, Centro de Medicina de Aviação do Exército, Laboratório Químico Farmacêutico do Exército, Instituto de Biologia do Exército, Odontoclínica Central do Exército, Hospitais de Campanha, vinte e oito Postos Médicos de Guarnição e quatrocentos e vinte Seções de Saúde das organizações militares.

A Organização Militar do Exército Brasileiro está dividida em regiões militares e possui os seguintes estabelecimentos de saúde em cada região (Figura 1). O Estado do Rio Grande do Sul pertence à 3ª Região Militar, composta por cinco hospitais, sete postos de saúde e uma policlínica. Os estabelecimentos assistenciais de saúde têm a finalidade de proporcionar o adequado atendimento aos beneficiários do Sistema de Atendimento Médico-Hospitalar do Exército. Enquadram-se nos beneficiários os militares da ativa e os militares da reserva remunerada, pensionistas e seus dependentes, abrangendo um grande número de usuários.

Figura 1 – Organizações Militares de Saúde no território brasileiro



Fonte: <http://www.dsau.eb.mil.br/index.php/unidades>

Figura 2 – Legenda das Organizações Militares de Saúde



Fonte: <http://www.dsau.eb.mil.br/index.php/unidades>

2.1.1 Breve Histórico dos Hospitais

É possível recapitular alguns pontos na trajetória da história dos hospitais para que se compreenda a origem da tipologia e as diversas transformações pelas quais o seu desenho passou ao longo de décadas.

Durante o período do Império Romano, havia instituições voltadas para reabilitação e assistência médica aos soldados, conhecidas como valetudinárias ou valetudinari. Essas instalações faziam parte da infraestrutura militar, funcionando como uma espécie de hospedagem dentro dos fortes das legiões romanas. Elas surgiram em substituição aos templos gregos dedicados a Asclepius e tinham como propósito acolher e tratar os enfermos, preparando-os para o combate (PEREIRA, 2003).

Com uma arquitetura de linhas simples, as valetudinárias consistiam em dois retângulos concêntricos em torno de um pátio retangular, interligados por um corredor de circulação. Os pequenos cômodos internos eram utilizados como dormitórios para doentes e viajantes que ali pernoitavam, enquanto os compartimentos maiores, próximos à entrada, funcionavam como áreas de tratamento para os soldados enfermos e feridos. Importante notar que não havia construções destinadas ao atendimento da população em geral (SANTOS, 2013). Essa estrutura ocupava espaço central nos fortes localizados junto às estradas, próximos das fronteiras do Império (TRISTÃO, 2016).

É comum encontrar na literatura que, há quase dois séculos, a Revolução Francesa teve um impacto significativo na gestão dos hospitais, alterando drasticamente o panorama. Nesse contexto, os católicos e as corporações religiosas foram, mais uma vez, excluídos, e uma nova legislação de assistência pública foi estabelecida, resultando em uma ampla rede de instituições médicas e sociais, de diferentes denominações, que ainda persiste, ainda que sob uma abordagem renovada (CAMPOS, 1965).

A partir de então, muitos hospitais se distanciaram consideravelmente do objetivo das antigas instituições de caridade, que se dedicavam principalmente a cuidar dos pobres, inválidos e doentes, e passaram por mudanças que os transformaram em modelos para a prática de uma medicina altamente especializada, voltada para atender um público bastante diversificado (SANT'ANNA, 2011).

2.1.2 Evolução da Tipologia Hospitalar

No século XVIII, no início da Revolução Industrial, o assunto do hospital surge como uma tipologia arquitetônica quando, na França, o cientista Jean Baptiste Le Roy e o arquiteto Charles François Viel apresentam, em 1773, a ideia de hospitais organizados em pavilhões dispostos ao redor de um pátio central. Esse modelo de planta se manteve até o início do século XX e marcou a primeira inclusão do tema hospitalar nos tratados de arquitetura do século XIX. Ele é mencionado na seleção de edifícios antigos e “modernos” realizada por Jean Nicolas Louis Durand, que se tornou uma referência no ensino de arquitetura na Escola Politécnica de Paris, e mais tarde na École des Beaux-Arts de Paris. O aprimoramento desse conceito foi desenvolvido na França por H. Laribosière em 1839 e, posteriormente, na Inglaterra por Florence Nightingale. Além disso, o crescente foco no tema hospitalar foi impulsionado pela relevância das guerras e pelo atendimento em larga escala a feridos, sendo o momento mais crítico observado na Primeira Guerra Mundial (1914-1918) (SEGRE, 2013).

Com o projeto Tenon, a organização do espaço hospitalar se destaca pela disposição horizontal dos pavilhões. Ao adotar essa abordagem, que favorecia a circulação de ar e a iluminação natural, Tenon acreditava ter resolvido o principal fator de insalubridade nos hospitais: o ar estagnado e a umidade. Além disso, ele conduziu uma série de estudos volumétricos para determinar a relação entre as dimensões de cada pavilhão de pacientes e o número de leitos das enfermarias, visando garantir a quantidade adequada de ar fresco para cada paciente. Tenon também analisou o número ideal de andares para cada pavilhão, concluindo que três seria o número ideal (COSTEIRA, 2014).

Com o passar dos anos, o hospital passou por mudanças significativas em sua forma, deixando de ser pavilhão para se tornar um prédio vertical. Essa alteração na estrutura influenciou no desenvolvimento de soluções para o conforto ambiental e no design dos ambientes e das funções interligadas (MASCARELLO, 2005).

Os três tipos predominantes analisados por Mascarello (2005) foram a tipologia pavilhonar, a tipologia dos sanatórios e a tipologia monobloco vertical.

A unidade de internação em estilo pavilhar oferece condições ambientais confortáveis através do uso de ventilação e iluminação natural. O Hospital Lariboisière (1846) e o Nouvel Hôtel-Dieu (1864) são exemplos da tipologia pavilhonar. São constituídos por dez pavilhões de dois andares, interligados por uma galeria que margeia os pátios centrais e organiza a circulação. Os pacientes são agrupados em quartos tipo enfermarias com 20 leitos e as janelas contribuem para a distribuição dos espaços, e não apenas as janelas com pontos altos (MASCARELLO, 2005).

O desenho espacial pavilhonar baseia-se principalmente em preocupações sanitárias, pois as laterais livres permitem ventilação cruzada e iluminação natural; nas funcionalidades relacionadas à atividade; e na articulação dos espaços através da circulação (MEDEIROS, 2005).

O grande momento da história dos hospitais modernos aconteceu entre as décadas dos anos trinta e os anos cinquenta, não somente no Brasil com a Revolução de Getúlio Vargas, mas também na maioria dos países da América Latina (SEGRE, 2013).

Os arquitetos conseguiram desenvolver uma originalidade formal e espacial no final do século XX, fugindo dos esquemas rígidos que normalmente caracterizavam os edifícios hospitalares (SEGRE, 2013).

Em 1543, Braz Cubas fundou a Santa Casa de Santos, que é o mais antigo hospital do Brasil (CAMPOS, 1965). Foi construído junto com a Igreja de Nossa Senhora da Luz e funcionou até 1630, quando os holandeses saquearam o edifício e o incendiaram. O hospital passou por reformulações recentemente em 2016 com a mudança da administração e agora está em plena atividade.

A situação brasileira atual, por outro lado, mostra que até meados do século XX, salvo raras exceções, os hospitais foram construídos sem planejamento, dificultando a atualização devido à falta de condições favoráveis, levando-os, muitas vezes, à obsolescência física e funcional (MAUDONNET, 1998).

A morfologia pavilhonar foi desenvolvida e amplamente utilizada até o começo do século XX, quando a evolução tecnológica permitiu a construção de edifícios com vários pavimentos, originando o sistema monobloco vertical, ou o hospital "arranha-céu". Os pavilhões horizontais de poucos andares, espaçados entre si regularmente, permitem ventilação e iluminação natural (SAMPAIO, 2005).

Até o início do século XX, o modelo pavilhonar foi a morfologia hospitalar predominante, representando um novo tipo de arquitetura e uma nova organização funcional (SAMPAIO, 2005).

O dispensário, um tipo de hospital para consulta externa que "dispensava" internação, surgiu em meados do século XVIII em Londres e posteriormente em toda a Europa (SAMPAIO, 2005).

A estrutura de um hospital pavilhonar tornou-se obsoleta devido aos avanços tecnológicos e descobertas daquela época. Os principais problemas encontrados foram as distâncias entre os pavilhões, a necessidade de uma área de terreno muito grande para a implantação, a perda de tempo da equipe médica e de enfermagem em percorrer grandes distâncias, o alto preço do terreno e as inovações tecnológicas. Esses foram os problemas da solução pavilhonar horizontal, que resultou em uma solução compacta e verticalizada para os hospitais. Isso foi resultado dos avanços na arquitetura e engenharia, bem como da descoberta de novos materiais e técnicas de construção (SAMPAIO, 2005).

A forma arquitetônica também foi questionada em relação à eficiência energética. Grandes superfícies, como no caso da forma pavilhonar, promovem grande perda de calor, aumentando o custo da construção por exigirem maior cuidado com o comportamento térmico das paredes (SAMPAIO, 2005).

É possível ver o modelo de hospital monobloco como um símbolo do triunfo da medicina porque sua forma enérgica remete aos avanços da pesquisa médica. Uma conformação de justaposição de blocos posicionados sobre uma base maior, composta de pavimentos técnicos, é um modelo de várias estruturas hospitalares do século XX. A estrutura física do hospital monobloco envolve a racionalização das funções de assistência e a setorização de serviços, patologias e complexidade de cuidados, bem como a construção de pavimentos e prédios. Os hospitais mudaram de forma mista nas estruturas físicas durante o século XX. Eles foram projetados para ampliar e incorporar novos serviços e usuários em resposta ao enorme desenvolvimento da ciência médica e ao aumento da clientela, agregando populações que, até então, não logravam acesso a estas instituições (COSTEIRA, 2014).

O hospital passou a ser visto como um centro de pesquisa de enfermidades, diagnósticos e tratamentos devido às novas descobertas (SAMPAIO, 2005).

Os espaços físicos fixos agora são necessários para atender aos laboratórios, departamentos de raios X e centros cirúrgicos. Os pacientes internos começaram a se deslocar, enquanto os pacientes externos começaram a frequentar o hospital. À vista disso, o hospital passou a ter uma nova característica, um local para tratamento e recuperação, logo acabou se definindo uma nova divisão espacial, com áreas para tratamento e diagnóstico, setor de internação, resultando em um novo modelo arquitetônico.

Os hospitais universitários cresceram com o surgimento de várias faculdades de medicina nas décadas de 1970 e se tornaram importantes centros de atendimento de alta complexidade do país. O Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) é um exemplo desse movimento, que havia estabelecido seu alicerce em 1943, desfrutou o seu crescimento notável neste período da década de 1970 (TRISTÃO, 2016).

O conceito atual de hospital como tecnologia médica surgiu no século XVIII com as mudanças que incluíram a incorporação de atividades médicas, inspeção e análise comparada sistemática. (FOUCAULT, 2004).

As organizações militares sempre têm uma Seção de Saúde, onde médicos, dentistas e enfermeiros fornecem apoio inicial. Os pacientes com condições mais graves podem ser atendidos nos hospitais gerais e de guarnição antes de serem evacuados ou recuperados no Hospital Central do Exército (ESQUIA, 2010). Em sua maioria, apresentam-se na tipologia pavilhonar com histórico de antigos quartéis que foram transformados em organizações militares de saúde.

2.1.3 Estabelecimentos Assistenciais de Saúde Militares do RS

Nesse contexto do Estado do Rio Grande do Sul, pode-se destacar os hospitais construídos no período do governo de Getúlio Vargas, entre as décadas de 1930 e 1950.

Na época, houve a construção de uma rede de instalações de saúde, incluindo hospitais gerais, sanatórios para tuberculose e leprosários. Isso reflete a forte participação do Estado na área da saúde, especialmente depois da criação do Ministério da Educação e Saúde Pública nos anos 1930. Construídos nesse período, os hospitais leprosários eram "menos expressivos na sua simplicidade formal" (Segre, fev. 2013, p. 3), mas podem ser considerados os maiores projetos de construção de hospitais da época, junto com os hospitais para tuberculosos (SERRES, 2015).

Até a primeira metade do século XX, foram construídos mais de trinta hospitais para isolamento dos doentes de lepra no país, de acordo com as diretrizes sanitárias da época, segundo Serres (2015). Alguns desses leprosários, como o Hospital Colônia Itapuã (Rio Grande do Sul) foram descritos nos verbetes do referido inventário do patrimônio cultural da saúde; entretanto, um estudo mais sistematizado ainda está por ser realizado.

A título de informação, ao consultar o breve histórico no site da Secretaria da Saúde do Hospital Colônia Itapuã (HCI), constatou-se que a instituição está localizada numa área de 1251 hectares pertencente ao município de Viamão e distante 48 km da cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul.

Inaugurado em 1940, o HCI contava com 14 pavilhões, em uma estrutura de cidade, com fábrica de calçados, sabão, tecelagem, padaria e outros produtos; três igrejas (uma delas, a evangélica, projetada pelo renomado arquiteto Theodor Alexander Josef Wiederspahn); duas escolas; casas separadas para os moradores que lá casaram; salão de jogos com cinema; praça; área médica que atendia não só os pacientes como a comunidade do entorno; e a casa das freiras, onde hoje é o Memorial do Hospital (MEDEIROS, 2017)

Os hospitais militares das cidades de Alegrete, Bagé e Santa Maria, iniciaram suas trajetórias caracterizados como enfermarias militares atendendo principalmente os portadores de doenças infectocontagiosas. Basicamente, as suas estruturas físicas iniciaram em quartéis já existentes que por fim viriam a se transformar em hospitais, pois, após o Decreto nº 13.645, de 18 de junho de 1919, foram elevados à categoria de Hospitais.

O Hospital Militar de Guarnição de Santiago estabeleceu mais à frente, a partir do ano de 1943, quando o então Presidente da República, Getúlio Vargas, através do Ministro da Guerra, General Eurico Gaspar Dutra, criou o hospital, através do Decreto-Lei nº 6.090, de 10 de dezembro de 1943.

Verificou-se a complexidade do Sistema de Saúde do Exército nessa área do Estado do Rio Grande do Sul, bem como o papel do Hospital Geral de Santa Maria, exigem administração e supervisão de recursos humanos e recursos públicos para melhor atender os beneficiários (ROCHA, 2021).

Dentre os instrumentos existentes para se planejar estabelecimentos de saúde, o Plano Diretor é considerado um dos métodos mais importantes para planejar instalações de saúde porque é uma ferramenta essencial para organizar espaços e orientar futuras ações para atender às prioridades e necessidades físicas específicas desse tipo de hospital (MENDES, 2007).

O Plano Diretor Hospitalar vem se destacando como uma ferramenta de planejamento essencial para qualquer gestão de hospital público ou privado, seja novo ou antigo. Além disso, funciona como uma ferramenta para procurar recursos financeiros, especialmente em um mercado economicamente limitado e cada vez mais competitivo (DE SOUZA, 2008).

Mediante o levantamento das informações, com base nos dados dos projetos arquitetônicos e de planos diretores das organizações militares destes quatro hospitais militares de Alegrete, Bagé, Santa Maria e Santiago, observa-se que existe um padrão no modelo das acomodações e serviços hospitalares existentes.

A fim de complementar as investigações, o quadro a seguir (Quadro 1) relaciona dados expressos no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde.

Quadro 1 – Dados de Hospitais Militares referidos

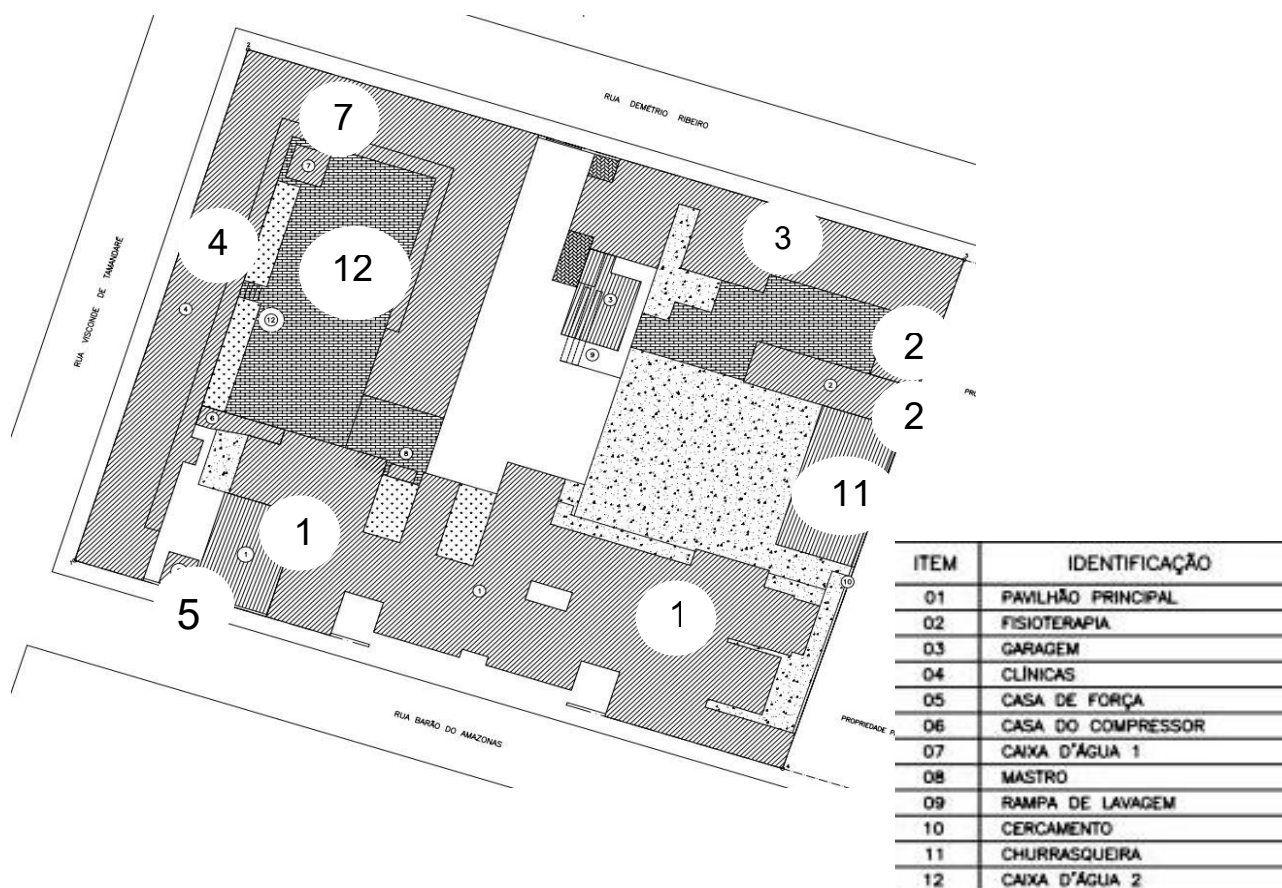
-	Descrição	Hospital de Guarnição de Bagé	Hospital de Guarnição de Santiago	Hospital Geral de Santa Maria
Atividade	Ambulatorial	Média Complexidade e Atenção Básica	Média Complexidade	Média Complexidade

	Hospitalar	Média Complexidade	Média Complexidade	Média Complexidade
Número de leitos		37	32	41
Especialidades	Clínica Geral	20	24	39
	Cirurgia Geral	17	3	-
	Obstetrícia	-	2	2
	Pediatria Clínica	-	3	-
Instalações físicas				
Ambulatorial	Clínicas Básicas	-	4	6
	Clínicas Especializadas	5	3	11
	Odontologia	6	3	10
	Outros consultórios não médicos	1	1	1
	Sala pequena de cirurgia	-	-	1
	Clínicas indiferenciadas	5	-	-
	Sala de enfermagem (serviços)	1	-	-
	Sala de Gesso	1	-	-
	Sala de Repouso/observação - indiferenciado	1	-	-
Hospitalar	Sala de Cirurgia	2	2	2
	Sala de Cirurgia Ambulatorial	-	1	-
	Sala de Parto normal	-	1	1
	Sala de pré-parto	-	-	1
	Sala de recuperação	1	1	1

Urgência e Emergência	Consultórios Médicos	-	-	1
	Sala de atendimento pediátrico	-	-	1
	Sala de curativo	-	-	1
	Sala de repouso/observação - Feminino	-	-	1
	Sala de repouso/observação - Masculino	-	-	1
	Sala de repouso/observação - Pediátrico	-	-	1
	Sala de atendimento indiferenciado	-	2	-

Fonte: Elaborado pela autora, baseado no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES).

Figura 3 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Gu A



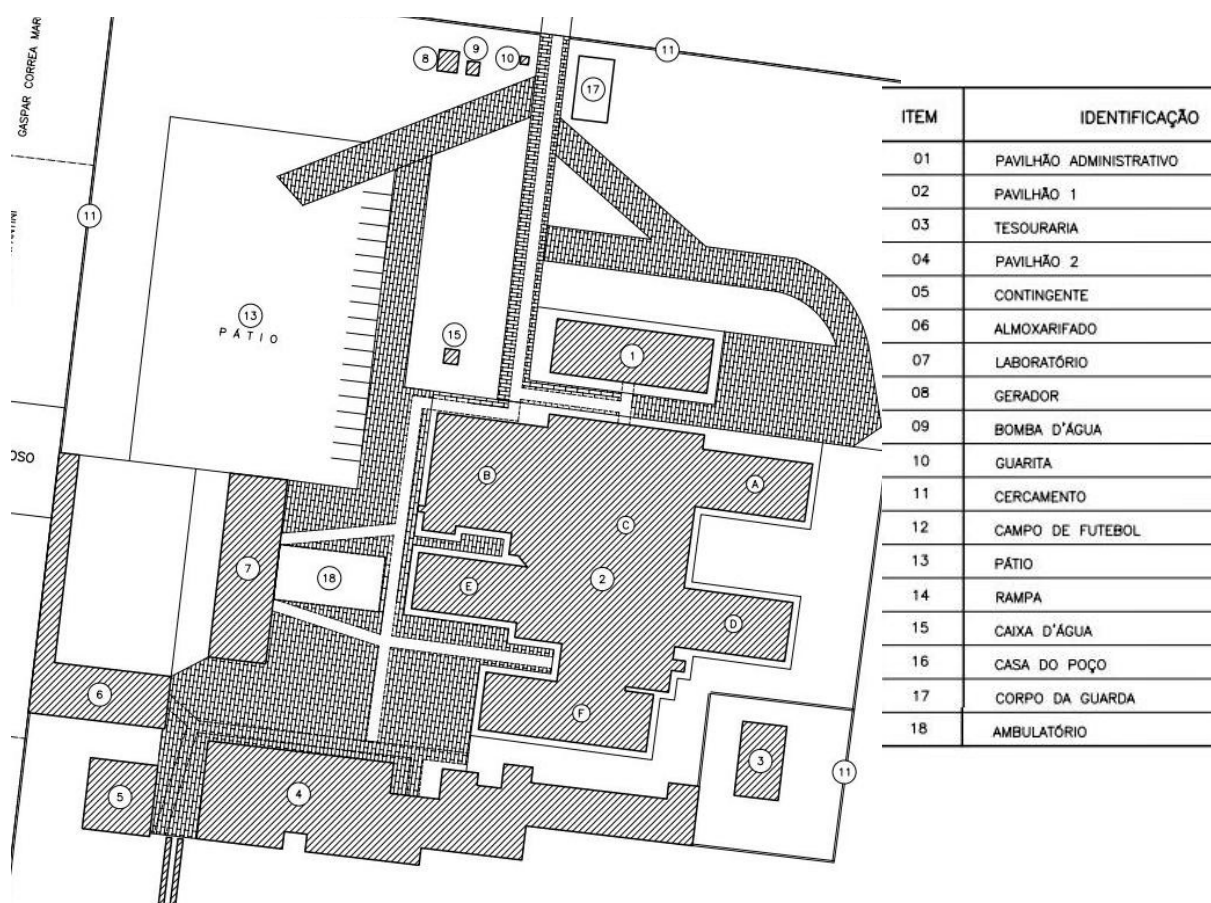
Fonte: Comissão Regional de Obras 3 – CRO 3

Atualmente, em seu Plano Diretor da Organização Militar de Saúde, o Hospital de Guarnição de Alegrete (H Gu A) dispõe as unidades separadas em pavilhões com diversos pátios de ventilação e iluminação conforme pode ser visto na Figura 5.

O segundo Hospital que apresentamos neste estudo é o Hospital de Guarnição de Bagé (H Gu Ba). No Plano Diretor do H Gu Ba podemos observar a sua edificação pavilhonar principal, nomeada como pavilhão 1 (item 02), onde funcionam as unidades de clínicas, pronto atendimento, enfermarias e centro cirúrgico. O edifício item número 7 na legenda que atualmente funciona o laboratório, antigamente era o isolamento, uma das construções antigas que foi aproveitada.

Da mesma forma que o Hospital de Alegrete, o hospital militar em Bagé também possui diversos pátios de ventilação e iluminação, conforme pode ser visto na figura a seguir (Figura 4).

Figura 4 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Gu Ba

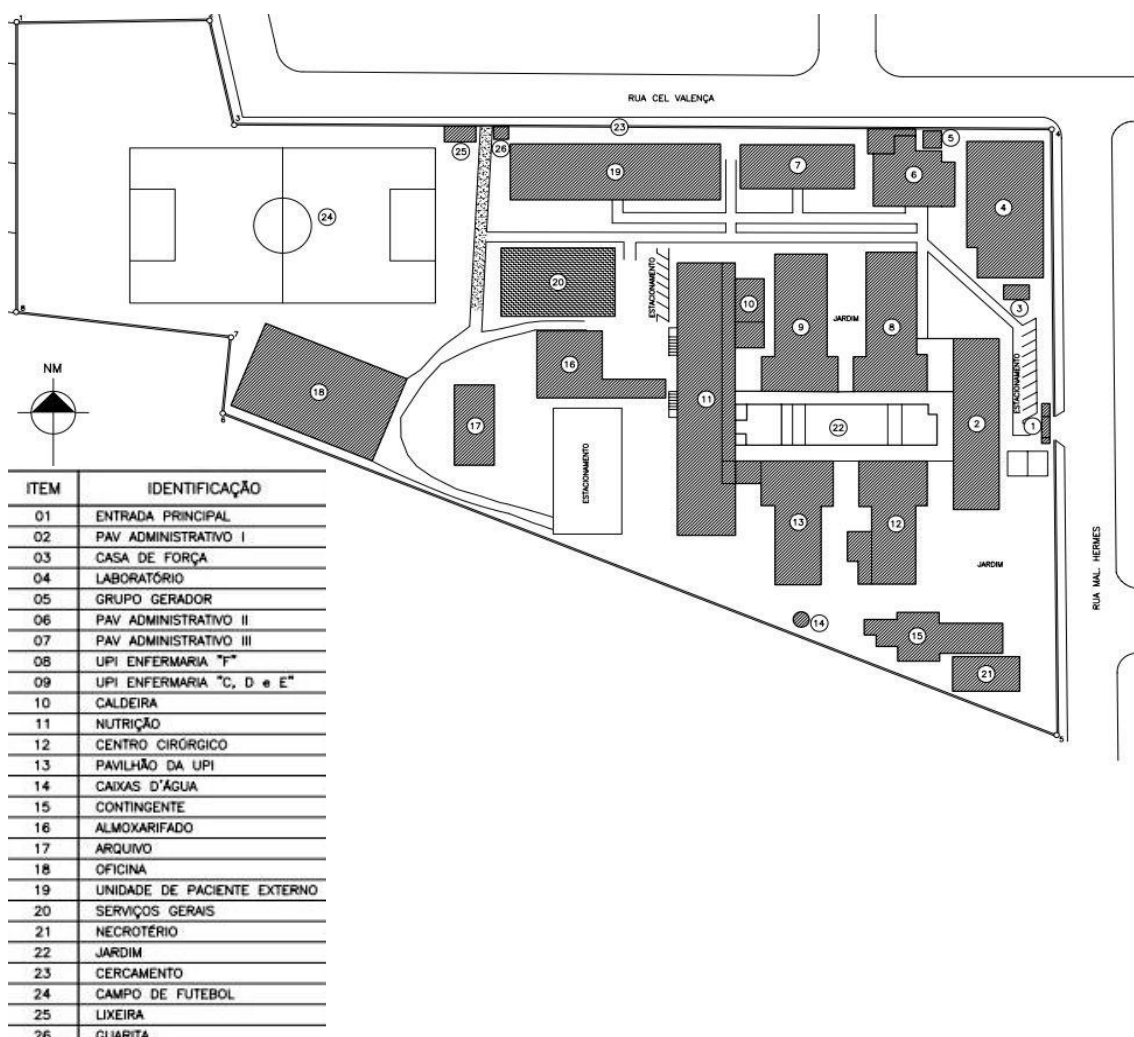


Fonte: Comissão Regional de Obras 3 – CRO 3

O Hospital Militar Geral de Santa Maria (H Ge SM) é o terceiro caso que levantamos para apoiar os estudos desta pesquisa inicial. O H Ge SM, por se tratar de um hospital que concentra um número maior de atendimentos a pacientes, apresenta uma estrutura física bem maior que os dois hospitais anteriores observados. Neste, podemos observar que além da tradicional estrutura pavilhonar, temos o acréscimo de monoblocos de outras unidades ao redor como demonstrado na figura logo a seguir (Figura 5).

Os hospitais militares no interior do Estado do Rio Grande do Sul têm a seguinte cadeia de evacuação médica: os hospitais de guarnição de Santiago, Alegrete e Bagé encaminham os casos além de suas capacidades para o Hospital Geral de Santa Maria, que então encaminha os casos mais graves para o Hospital

Figura 5 – Plano Diretor da Organização Militar de Saúde do H Ge SM



Fonte: Comissão Regional de Obras 3 – CRO 3 Militar de Área de Porto Alegre (ROCHA, 2021).

No aspecto dos planos diretores, observou-se que há um padrão de organização das unidades separadas em volumetrias principais, algumas com conexões através de circulações horizontais fechadas e outras apenas com acessos externos.

Existe um percentual considerável de espaços abertos, herança da característica da tipologia pavilhonar, proporcionando um nível considerável de iluminação e ventilação natural. Em compensação, no aspecto das expansões, muito pouco foi executado de forma planejada e levando em consideração os aspectos logísticos e de pessoal, gerando fluxos cruzados ou percursos extensos percorridos pelos profissionais da saúde.

Após observar o Plano Diretor, percorrendo as plantas baixas dos hospitais citados, observa-se um programa de necessidades similar nas quatro organizações militares de saúde e conclui-se um programa mínimo estruturado com as seguintes unidades listadas na tabela 1. Nesta tabela é possível relacionar este programa mínimo existente com as atribuições de estabelecimentos assistenciais do capítulo que trata da organização físico funcional conforme estabelecido na RDC 50 (ANVISA,2002).

Tabela 1 – Estrutura mínima encontrada nos hospitais pesquisados

	Levantamento Hospitais Militares	RDC nº 50 – Unidades Funcionais
1.	Ambulatório	Atendimento em regime ambulatorial e de Hospital-Dia.
2.	Atendimento clínico (médico e odontológico)	
3.	Pronto Atendimento	Atendimento Imediato
4.	Internação enfermaria	Atendimento em regime de internação
5.	Internação quartos	
6.	Centro Cirúrgico	Apoio ao diagnóstico e terapia
7.	Laboratório	
8.	Nutrição e Dietética	Apoio técnico
9.	Administração	Apoio administrativo
10.	Almoxarifado	Apoio Logístico
11.	Gerador	
12.	Oficina	
13.	Estacionamento	

Fonte: Elaborado pela autora

Um hospital necessita de uma variedade específica de serviços para operar adequadamente, sendo que a presença de determinados serviços é requisito para a disponibilidade de outros. Ao instituímos que um estabelecimento de saúde só pode ser classificado como hospital se possuir setor de internação, torna-se essencial que também ofereça serviços de diagnóstico e tratamento que complementem a internação, pois a presença destes é fundamental. Por esse motivo, é comum encontrar em hospitais, mesmo os de menor complexidade, serviços como laboratórios, exames de imagem, salas cirúrgicas e, muito provavelmente, setor de obstetrícia.

Esses serviços, por sua vez, demandam a existência de outras áreas, como UTI e neonatologia. Por outro lado, diversos serviços de suporte e logística (farmácia, alimentação, lavanderia, esterilização, estoques, etc.) são indispensáveis para o funcionamento dos serviços de saúde e para garantir a operação contínua e ininterrupta do hospital. Outras unidades podem ser acrescentadas a estes, mas mesmo o hospital pequeno e de baixa complexidade terá um mínimo de dez ou doze serviços e uma organização básica baseada neles (MONZA, 2024).

Para esse estudo, a partir do plano diretor, em uma visão macro, considera-se relevante trazer o programa de necessidades adotado nestes hospitais militares para compreender o cenário atual e suas demandas e, durante o seguimento do trabalho, relacionar essa estrutura mínima com o uso do Sistema Modular Volumétrico durante o seguimento do trabalho.

No contexto atual, levando em consideração a passagem pela pandemia COVID-19 e observando a estrutura mínima semelhante encontrada nos hospitais militares do RS, conclui-se que os departamentos de maior relevância são as unidades de **pronto atendimento, internação quartos, central de material esterilizado (CME), unidade de terapia intensiva (UTI) e centro cirúrgico**, e as partes de maior relevância fora dos hospitais são os **ambulatórios e centro clínicos**, principalmente no que se refere aos estabelecimentos assistenciais de saúde situados no interior do Estado.

2.2 O Sistema Modular Volumétrico

2.2.1 Sistemas Construtivos Pré-fabricados

A industrialização da construção civil diz muito sobre os modelos de desenvolvimento atribuídos a este setor, o qual ligados aos pré-fabricados, conduzem a melhorias no planejamento e execução de obras. Portanto, a utilização de alternativas modulares na elaboração e implementação de projetos está associada a um método construtivo econômico, estável e flexível (AGUILAR et al., 2022)

O uso de formas modulares e outras formas leves de construção de edifícios está aumentando. Os benefícios da pré-fabricação fora do local e a melhoria da qualidade na fabricação estão sendo percebidos para edifícios residenciais, para projetos mistos comerciais/residenciais, edifícios do setor educacional e de saúde (LAWSON, 2007).

Verificando a experiência de outros países que já tem a modularidade como uma alternativa compatível ao setor da construção civil e com o passar dos anos, a utilização desse sistema se ampliou no Brasil. Os conhecimentos dos métodos de pré-fabricação permitiram a chegada de inúmeras tecnologias inovadoras, e também produziram diversos tipos de pré-fabricados com alto grau de discriminação, e, além disso, podem ser combinados com outros sistemas construtivos. (AGUILAR et al., 2022).

Fonyat (2013) fundamenta que a pré-fabricação não é uma revolução, mas sim uma evolução. Os avanços vem sendo alcançados ao longo dos anos por meio da experiência prática. Cada exemplo histórico fornece percepções sobre como as peças industrializadas podem ser utilizadas no desenho de um edifício, e conceitos semelhantes indicam maneiras pelas quais os arquitetos podem se beneficiar da pré-fabricação. Muitas falhas ocorreram devido à ausência de uma integração adequada entre o projeto arquitetônico e o desenvolvimento industrial. (FONYAT, 2013).

O estudo da utilização dos sistemas construtivos de pré-fabricação no projeto arquitetônico pode ser classificado de acordo com suas particularidades, que se relacionam, principalmente, a regras de compatibilização e de montagem. Sendo assim, é possível dividi-los em três grupos distintos: Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Fechado; Sistemas Pré-fabricados de Ciclo Aberto; Sistemas Pré-fabricados Flexibilizados. (FONYAT, 2013).

O Sistema **Pré-fabricado de Ciclo Fechado** é caracterizado por uma organização que engloba todas as etapas desde o projeto, a fabricação, o transporte e a montagem. Um único fabricante ou grupo de empresas coligadas executa todos os elementos que compõe o edifício completo com seus próprios meios. As dimensões das peças e conexões são projetadas e fabricadas para serem **usadas em uma única construção** (FONYAT, 2013).

O grande número de possibilidades de desenvolvimento de desenhos de tipologias é uma característica distintiva do modelo do **Sistema Pré-fabricado de Ciclo Aberto**. É composto por séries flexíveis, características da industrialização de objetos, onde a mesma linguagem é usada para atender a vários programas. Os componentes criados podem ser combinados entre si de várias maneiras, criando os mais **diversos edifícios** que atendem a uma ampla gama de requisitos funcionais e estéticos. Os arquitetos podem influenciar diretamente a produção dessa forma (FONYAT, 2013).

Os **Sistemas Pré-fabricados de Ciclos Flexibilizados** recebem esse nome, porque, segundo Ferreira (2003), não somente os componentes são “abertos”, mas todo o sistema. Sendo assim, o projeto também terá essa flexibilidade, podendo se enquadrar a qualquer tipologia arquitetônica.

Este sistema estabelece uma integração entre tecnologia, projetistas e usuários, unificando a produção industrializada com o projeto informatizado, e, dessa forma, fazendo com que as soluções encontrem as necessidades e expectativas individuais, permitindo cada vez mais o desenvolvimento de pequenas **séries formadas por objetos compostos a partir de elementos únicos**. (FONYAT, 2013).

É importante ressaltar que a eficácia deste tipo de sistema depende em grande parte do seu planejamento, que deve ocasionar o resultado final, portanto, a pré-fabricação da estrutura deve ser determinada no início da concepção do projeto, de forma que o processo construtivo opere sem problemas e com o mínimo de obstáculos possíveis. Nessa concepção, não é recomendado simplesmente modificar um método de uma obra já ordenada para outro método construtivo. Contudo, isto não significa que o projeto se torne rígido, pelo contrário, ele permite mudanças que otimizem o processo de trabalho, mas que se adaptem de acordo com as necessidades. (AGUILAR et al., 2022).

2.2.2 Coordenação Modular

No cenário nacional, a padronização de todos os materiais e elementos de construção como os blocos cerâmicos, divisórias, pisos, telhas possuem poucas medidas múltiplas e submúltiplos entre si. Diante disso, encontram-se as mais diversas adaptações em obra com sistemas construtivos artesanais. (MELO, 2019).

Entretanto, na montagem de sistemas pré-fabricados ou em grandes obras por exemplo, o mínimo de padronização é requerido (CARVALHO e TAVARES, 2002) não somente pela necessidade de aumento da produtividade, mas também pela compatibilização de projetos complementares segundo Melo (2019). Portanto, a fim de conseguir coordenar toda essa variedade de peças nos sistemas, foi necessário realizar um acordo dimensional nomeado de Coordenação Modular (FONYAT, 2013).

Penteado (1980) define a coordenação modular como um sistema capaz de organizar e racionalizar a produção de qualquer produto, desde o projeto até o produto final. Admissão de um módulo, uma medida de referência que serve como base para todos os elementos constituintes do objeto a ser produzido, é o principal meio pelo qual esta ordenação e racionalização são demonstradas.

O Brasil destacou-se mundialmente ao ser um dos pioneiros na aprovação da norma de Coordenação Modular NB-25R, em 1950, segundo Greven e Baldauf (2007). Além disso, os autores admitem que as décadas de 70 e o início dos anos 80 foram marcadas pela difusão e análise desses conceitos, impulsionados sobretudo pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), por instituições de ensino superior e pelo Centro Brasileiro da Construção Bouwcentrum (CBC).

Atualmente, segundo a ABNT NBR 15873 de 2010, a coordenação modular aplica-se ao projeto e à produção de componentes construtivos de todos os tipos e à construção de edificações. Para efeito dessa normativa, coordenação modular define-se como coordenação dimensional mediante o emprego do **módulo básico** ou de um **multimódulo**. E a medida modular é considerada a medida de coordenação cujo valor é igual ao módulo básico ou a um multimódulo. O módulo básico constitui a menor unidade de medida linear na coordenação modular, simbolizada por M e padronizada em 100 mm. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

A utilização da coordenação modular é mais recorrente em obras de grande porte e que requerem um método construtivo rápido e racionalizado. É o caso, por exemplo, de hospitais. A coordenação modular envolve módulos: funcionais, estruturais, construtivos, de instalações, de infraestrutura predial, etc. (DE MELLO, 2010). Carvalho e Tavares complementam observando que, na construção de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, a coordenação modular facilita posteriores reformas, ampliações, manutenção e adaptações em geral, aspectos pretendidos neste tipo de estabelecimento (CARVALHO e TAVARES, 2002).

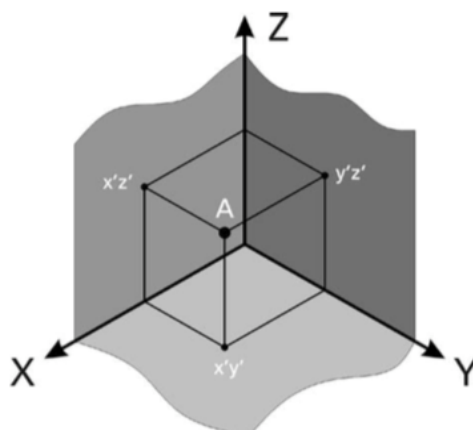
O autor Barroso (2019) defende a necessidade de se definir um sistema que use a coordenação modular para coordenar as dimensões do projeto. Esse sistema deve ser combinado com a organização racional dos componentes de construção em suas partes e em sua totalidade. Como resultado, três princípios compõem a coordenação modular: o sistema de referência, o módulo e o ajuste modular (BARROSO, 2019).

Greven e Baldauf (2007a) também entendem os mesmos fundamentos como sendo a tríade básica da coordenação modular. Buscando a atualização normativa na NBR 15873/2010, temos os seguintes termos e definições:

Sistema de referência modular: sistema geométrico tridimensional de n planos ortogonais, no qual a distância entre quaisquer planos paralelos é igual ao módulo básico ou a um multimódulo;

No projeto e na construção de edificações coordenadas modularmente são empregados sistemas de referência modulares a fim de posicionar elementos, componentes e conjuntos modulares, através da indicação do espaço modular que por ele será ocupado no sistema. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Figura 6 – Sistema de referência



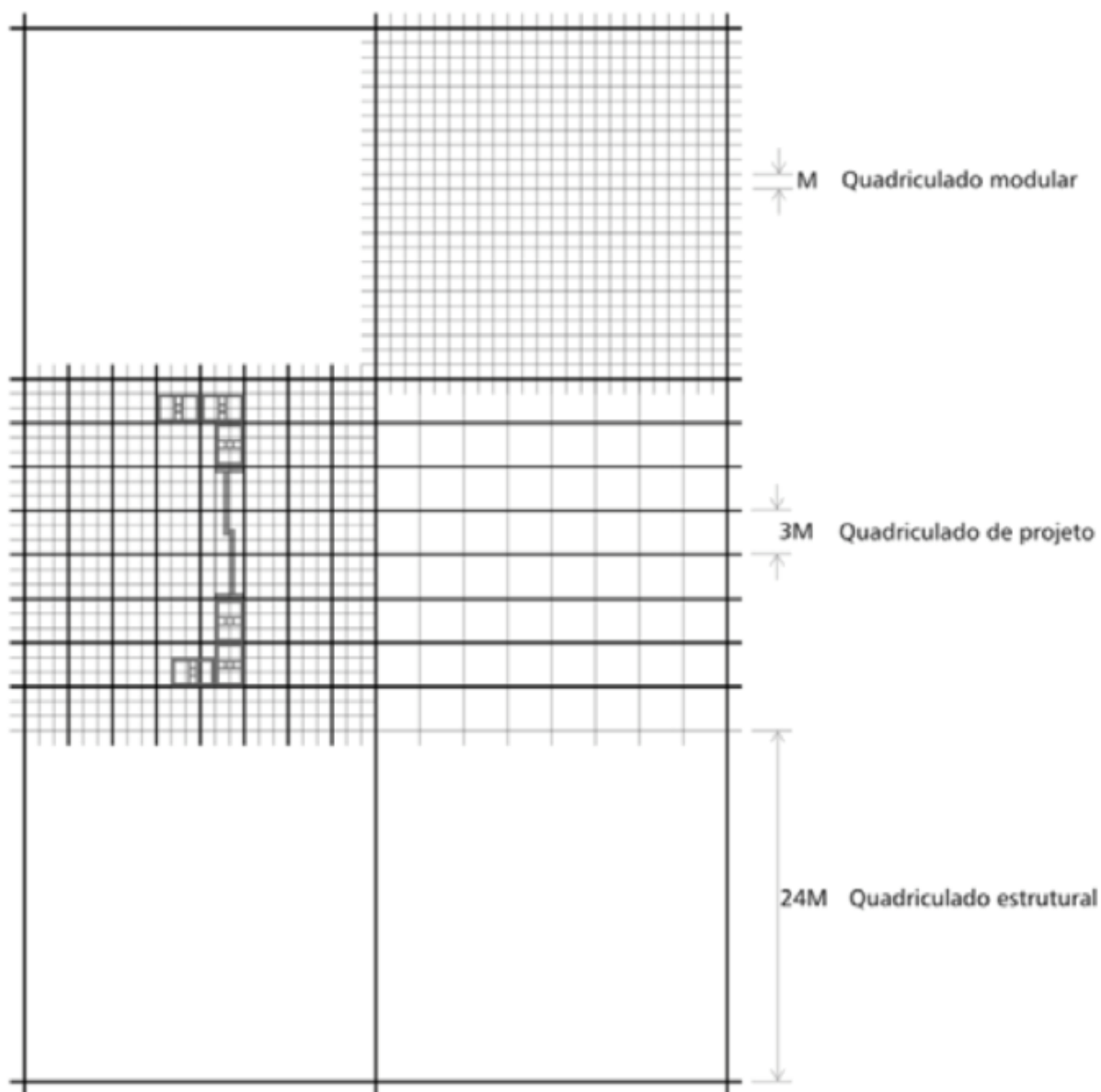
Fonte: GREVEN e BALDAUF, 2007.

Módulo básico: menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é de $M=100\text{mm}$, e Greven e Baldauf (2007a) complementam que, a partir deste módulo, temos também os multimódulos (múltiplo inteiro do módulo básico).

Os elementos, componentes ou conjuntos modulares podem ser combinados entre si com distâncias multimodulares distintas entre seus planos ou até mesmo em ângulos diferentes. Para uma melhor articulação, deverá ser adotado, desde o projeto da edificação, os multimódulos convenientes ao uso e à solução construtiva. Os multimódulos serão seriados de forma diferente para as medidas modulares verticais e para as medidas modulares horizontais. Aqueles espaços de interrupção com medidas não modulares serão denominados espaços amodulares. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Também é importante notar que, de acordo com Crespo (2017), o multimódulo pode variar dependendo do nível de detalhe da etapa e da disciplina de projeto em questão. Diferentes sistemas de referência são utilizados, por exemplo, na distribuição das vedações e dos elementos estruturais. No entanto, é essencial que sejam compatíveis, com múltiplos inteiros e mesma origem entre seus multimódulos. Em outras palavras, eles podem ter escalas diferentes, desde que mantenham as mesmas relações entre as partes e o todo. A Figura a seguir (Figura 7) fornece um exemplo disso, ilustrando a retícula para o projeto estrutural ($24M \times 24M$), a retícula para o projeto de arquitetura ($3M \times 3M$) e a retícula para o posicionamento dos componentes construtivos ($M \times M$) (CRESPO, 2017).

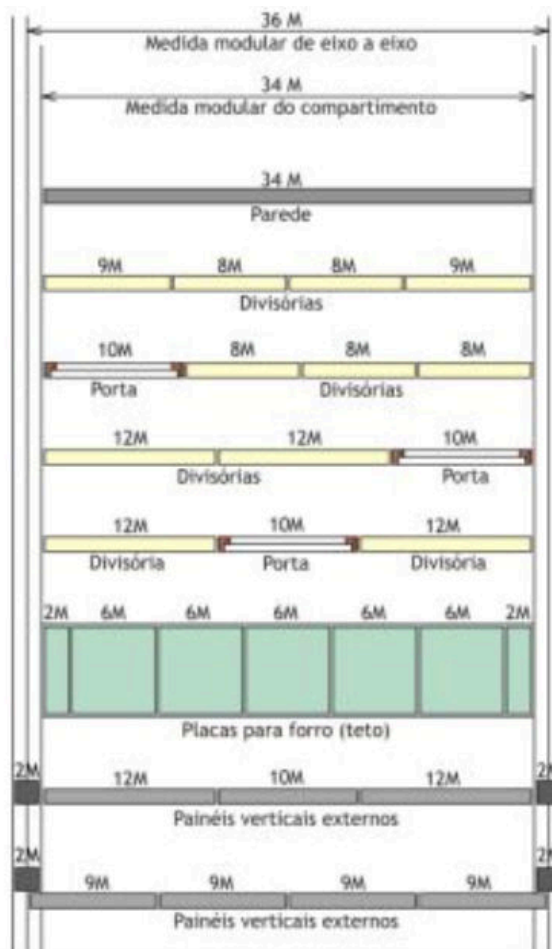
Figura 7 – Diferentes Sistemas de Referência.



Fonte: GREVEN e BALDAUF, 2007.

A partir deste exemplo é possível verificar que a modularidade diz respeito a um método de construção em que a estrutura do edifício é montada e encaixada utilizando peças pré-fabricadas, ou seja, por meio de um padrão predefinido em um material específico, conforme exigido pelo projeto (AGUILAR et al., 2022). A figura a seguir (Figura 8) exemplifica componentes modulados.

Figura 8 – Exemplo compositivo com componentes modulados.



Fonte: GREVEN e BALDAUF, 2007a.

Posteriormente aos multimódulos, a norma apresenta os **incrementos submodulares** que são definidos pela normativa como frações do módulo básico com os seguintes valores normalizados: $M/2 = 50\text{mm}$; $M/4 = 25\text{mm}$ e $M/5 = 20\text{mm}$. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010)

Ajuste de coordenação: diferença entre uma medida nominal e a medida de coordenação correspondente. O ajuste de coordenação garante espaço para deformações, tolerâncias e materiais de união, quando for o caso. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

2.2.3 Construção Modular

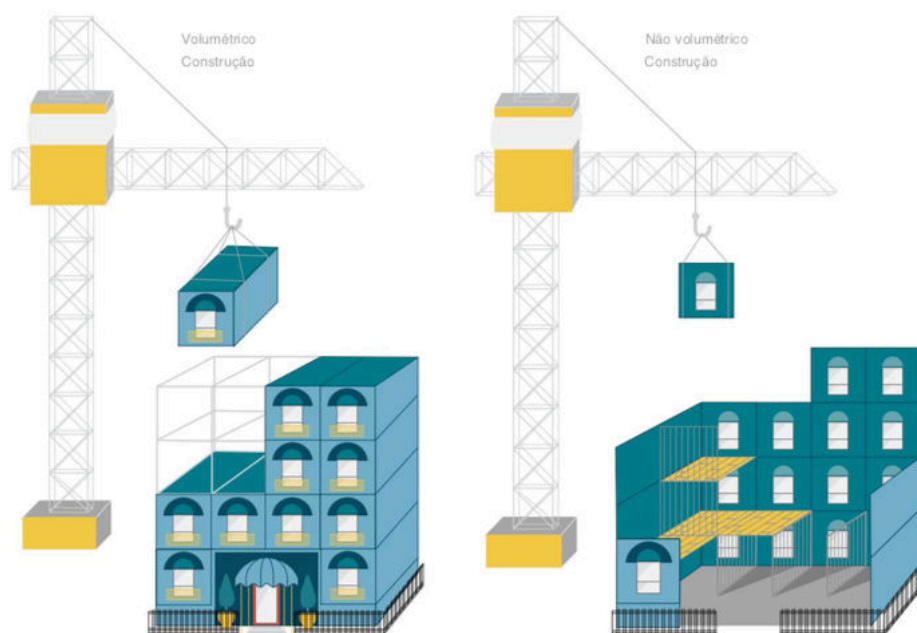
A construção modular aumenta a eficiência, rapidez, flexibilidade e sustentabilidade da construção civil, tornando-a compatível com o século XXI. A

construção modular permite a personalização e a implementação de arquiteturas até mais arrojadas do que as construções de alvenaria (DEGANI, 2019).

Um projeto arquitetônico com uso de pré-fabricação, além de envolver o desenho da união de materiais e conexões detalhadas para obter uma forma padronizada ou única, deve ser concebido a partir de um ponto de vista de produção (FONYAT, 2013).

Um edifício modular é composto por unidades volumétricas construídas em uma fábrica e que serão posteriormente transportadas para um local em um caminhão tipo carreta e levados até a sua localização final (GARRISON E TWEEDIE, 2008). Por outro lado, a construção modular não volumétrica envolve a pré-fabricação fora do local de elementos de construção (comumente referidos como subconjuntos) que são então conectados uma vez no local (AIA, 2019). Conforme ilustrado na figura a seguir (Figura 9).

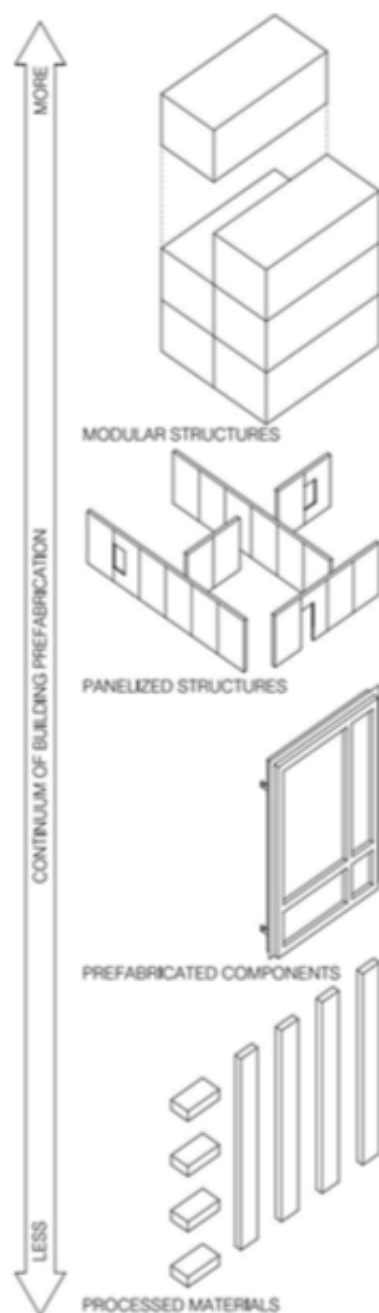
Figura 9 – Volumétrico versus não volumétrico



Fonte: AIA, 2019.

A grande maioria dos edifícios construídos atualmente utiliza algum elemento pré-fabricado. A construção modular situa-se numa extremidade de uma cadeia de vários tipos de pré-fabricação que vai desde a menor quantidade de itens pré-fabricados até a maior. A construção modular expande a pré-fabricação como uma opção viável e benéfica para um número crescente de tipos de projetos de construção (GARRISON E TWEEDIE, 2008).

Figura 10 – cadeia de tipos de pré-fabricação



Fonte: GARRISON e TWEEDIE, 2008.

Assim, no ramo da construção civil, há diversas opções modulares certificadas que podem ser utilizadas na criação dos tipos de construções modulares. Essas alternativas envolvem uma variedade de técnicas que são eficazes para a produção em escala industrial. As mais comuns consistem em módulos fabricados em diferentes materiais, como concreto, vidro, aço/steel frame, madeira, contêineres e outros materiais empregados nessa abordagem construtiva. (AGUILAR et al., 2022)

A construção modular é uma das formas clássicas de construir edifícios, entretanto, recentemente, os módulos foram modernizados, ajustados às diferentes necessidades e tornaram-se mais versáteis. Graças a isso, o escopo de aplicação da construção modular está se expandindo. Uma das direções mais relevantes nos últimos anos é a construção de hospitais (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

A construção modular também é conhecida como construção volumétrica, sistema de construção modular ou sistema modular (MUSA et al., 2016). **Para fins desta pesquisa, o sistema construtivo considerado será chamado de Sistema Modular Volumétrico.**

O autor Lawson et. al (2014) resume as principais definições da seguinte forma:

- Construção modular—Unidades tridimensionais ou volumétricas que geralmente são montadas em fábrica e entregues no local como os principais elementos estruturais do edifício.
- Construção plana—Painéis bidimensionais, usados principalmente para paredes, que podem ser pré-acabados com seu isolamento e revestimento fixados antes da entrega no local.
- Construção híbrida—Uso misto de elementos lineares, painéis e módulos para criar um sistema de construção mista.
- Painéis de revestimento—Elementos de fachada pré-fabricados que são anexados ao edifício para formar o envelope completo do edifício.
- Pods—Unidades modulares não estruturais, como banheiros e banheiros, que são apoiadas diretamente nos andares do edifício. (LAWSON et al., 2014)

A Arquitetura Modular Volumétrica (AMV) é um exemplo da industrialização em vários níveis. Isso pode começar com peças individuais que serão usadas durante a construção e prosseguir com sistemas mais complexos, como painéis e componentes (TERIBELE, 2016).

É possível uma montagem de unidades modulares como um conjunto de elementos volumétricos, incluindo paredes, tetos e pisos no local, ou podem ser entregues totalmente concluídas para garantir uma construção rápida (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

A Arquitetura Modular Volumétrica conforme definido por Teribele (2016), deriva da composição, ou da utilização individual, das unidades tridimensionais. Os módulos, reconhecidos por sua natureza, são agrupados no local para criar a estrutura, sendo ambos elementos essenciais neste tipo arquitetônico. Finalizando o procedimento, o transporte e o içamento asseguram o deslocamento e a montagem das partes no local, enquanto o conjunto conectivo possibilita a união dos elementos para formar a edificação (TERIBELE, 2016).

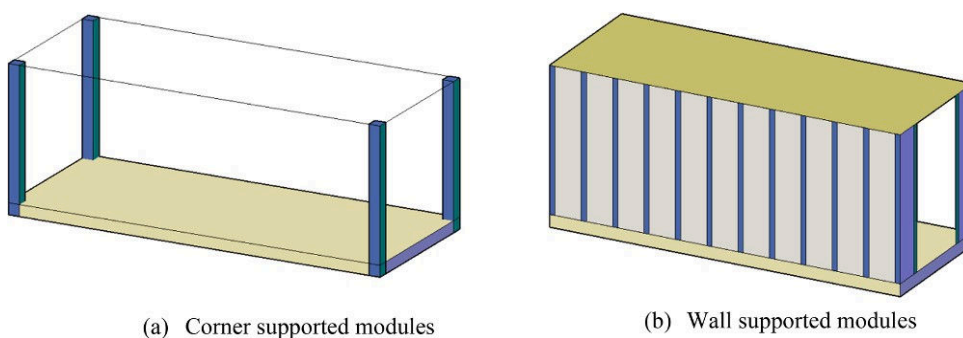
No desenvolvimento de longo prazo da manufatura off-site, muitos clientes visualizaram essa tecnologia como chave para suas atividades comerciais estratégicas em termos de velocidade de construção, qualidade aprimorada e confiabilidade. A construção modular é provavelmente a tecnologia de manufatura off-site mais bem desenvolvida, e a maior parte (até 70%) do valor do trabalho de construção ocorre em um ambiente de fabricação (LAWSON et al., 2014).

No período da pandemia, Pedroso cita em sua matéria o exemplo chinês utilizado nos hospitais emergenciais dos módulos metálicos habitacionais, análogos aos containers utilizados para transporte de cargas, que são construídos com chapas de aço zincadas (pré-pintadas) com paredes revestidas com Placas de Poliestireno Expandido (EPS). Segundo o engenheiro civil Paulo Vítor, que apoia tecnicamente tal matéria, aqui no Brasil os fabricantes costumam chamar esse tipo de unidade básica de Sistema Pré-fabricado de Módulo Metálico Habitacional Termoacústico.

Acham-se diversos modelos incorporados na construção modular que podem ser executados. Em vista disso, buscou-se algumas definições a fim de incluir na presente pesquisa.

De maneira geral, considerando uma estrutura de aço, para Lawson (et al (2012) e Liew (et al. 2019) os módulos estão divididos em duas categorias distintas conforme o modo em que suas cargas estão distribuídas. Existem os módulos suportados por pilares de canto (Fig.11 (a)), sendo estes os tipos genéricos mais usuais em aplicações práticas e os módulos de parede estrutural, ou seja, autoportante (Fig.11 (b)). Nos módulos de pilares de canto, a carga é transferida para as fundações por meio dos postes de canto (LIEW et al. , 2019), e frequentemente também por meio de postes intermediários, ao passo que, nos módulos de parede estrutural, a carga é transmitida para a base por meio das paredes e, em geral, é feita uma fixação nas paredes, espaçadas a cada 300 mm ou 600 mm. (LAWSON et al., 2012)

Figura 11 – Tipos de módulos genéricos



Fonte: GATHEESHGAR et al., 2021.

Em uma divisão mais detalhada, segundo o autor Lawson (2007), os tipos de módulos podem ser usados no projeto de edifícios usando construção totalmente modular ou formas mistas de construção em aço estão divididos da seguinte forma:

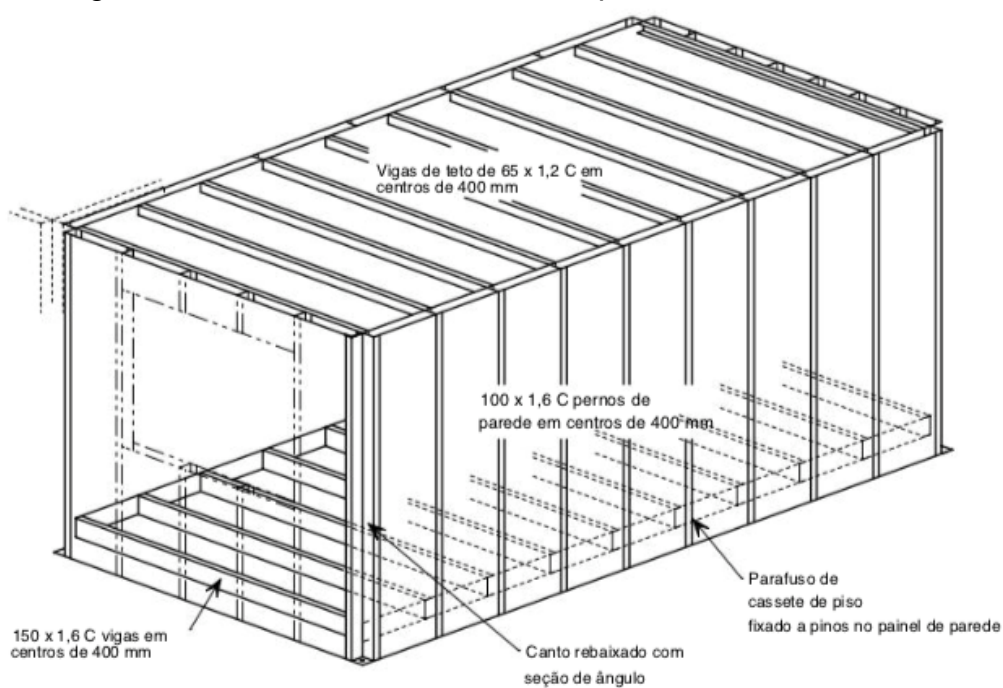
1) Módulos de 4 lados

O primeiro tipo é o módulo de 4 lados que, segundo o autor Lawson (2007), são os modelos fabricados com 4 lados fechados projetados para transferir cargas continuamente através de suas paredes longitudinais. Nesse tipo de módulo existe uma limitação em termos de largura máxima em função do seu transporte e de sua instalação.

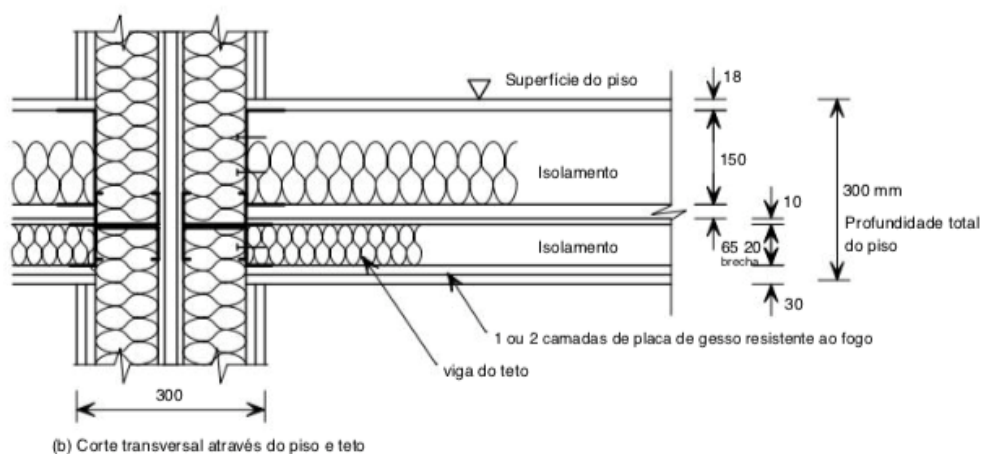
Nesse tipo os módulos são projetados para receber a carga vertical dos módulos acima e também a carga referente à ação dos ventos. E, ainda, considera para esta tipologia, a altura máxima dos edifícios em construção totalmente modular é de 6 a 10 pavimentos, dependendo da localização e exposição à carga de vento. (LAWSON, 2007)

O autor Lawson (2007) também complementa com as dimensões, indicando que a largura externa dos módulos fica limitada pelos requisitos de transporte, ficando entre 3,0 m a 3,6 m e um comprimento de 6 a 10 m normalmente. E as paredes normalmente usam light steel (aço leve) com seções C de 65 a 100 mm de profundidade. As vigas do piso têm tipicamente 150 ou 200 mm de profundidade, e a profundidade combinada do piso e do teto está na faixa de 300 a 450 mm (LAWSON, 2007)

Figura 12 – Detalhes de um módulo típico de 4 lados



(a) Vista isométrica do módulo de 4 lados



(b) Corte transversal através do piso e teto

Fonte: LAWSON, 2007.

2) Módulos parcialmente abertos

São os módulos de 4 lados projetados com um ou mais lados abertos com a introdução de pilares de cantos ou intermediários e se utilizam de uma viga contínua na estrutura do piso. Dois módulos podem ser colocados juntos a fim de criar espaços mais amplos (LAWSON, 2007).

Os módulos longos também podem ser projetados para incluir um corredor inteiro. Conforme sugere a figura abaixo (Figura 13). Segundo Lawson (2007) ele é capaz de melhorar a velocidade da construção, evitando problemas de estanqueidade durante a instalação e acabamento (LAWSON, 2007). Essa configuração também é útil para acomodar o programa do EAS, pois, neste tipo de projetos arquitetônicos para a saúde, são recorrentes os corredores até mesmo para organizar a separação dos fluxos também exigido por norma.

Figura 13 – Módulo longo com corredor



Fonte: LAWSON, 2007. Cortesia, Kingspan Off-Site e Modular Reino Unido.

Esse tipo modular pode também ser utilizado para escadas ou em reformas ou ampliações de edifício. Na figura abaixo (Figura 14) é ilustrado a adição de um novo banheiro. Neste caso, os módulos são projetados para suportar carga, mas são estabilizados por fixação à estrutura existente. (LAWSON, 2007).

Figura 14 – Módulos de Banheiro abertos sendo anexados a um edifício existente.



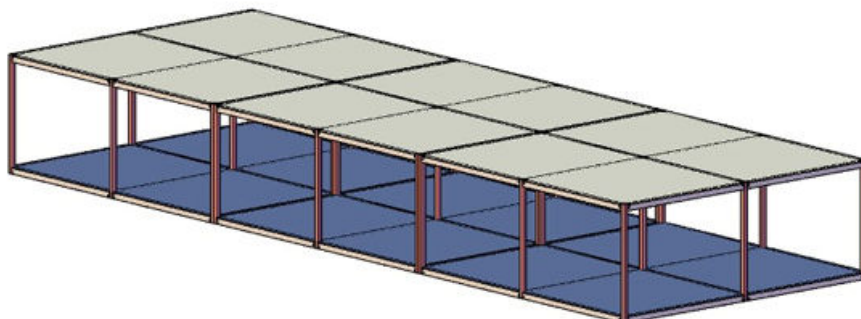
Fonte: LAWSON, 2007. Cortesia, Ruukki.

3) Módulos de lado aberto (com pilar de canto)

Nesse enquadramento os módulos podem ser projetados para fornecer lados totalmente abertos, pois a distribuição das cargas fica nos pilares das extremidades. Contudo, geralmente é necessário algum esquema de contraventamento e, por essa razão, normalmente não são utilizados em construções maiores do que 3 pavimentos (LAWSON, 2007).

No panorama dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, esse tipo de módulo pode ser imaginado, por exemplo, nos projetos de salas cirúrgicas, onde a exigência de vão mínimo já é superior a largura máxima do módulo. Na figura abaixo (Figura 15) Gatheeshgar (et al., 2021) retrata-se um esquema neste sentido. São variadas as combinações possíveis com este modelo.

Figura 15 – Arranjos horizontalmente lado a lado possibilitam um formato mais amplo.



Fonte: GATHEESHGAR et al., 2021.

Portanto, este módulo permite uma flexibilidade em projetos. Contém tipicamente uma largura de 3 a 3,6 m, e salas de 6 a 12 m de largura podem ser criadas com essa combinação lado a lado (LAWSON, 2007).

Figura 16 – Edifício Hospitalar Modular durante a instalação de módulos abertos.



Fonte: LAWSON, 2007. Cortesia, Yorkon.

4) Módulos suportados por um quadro estrutural primário.

São aqueles módulos que são encaixados e suportados por uma estrutura de forma convencional e que oferecem um espaço aberto no térreo e nos níveis de subsolo.

5) Módulos sem carga

Este tipo é semelhante às unidades totalmente modulares, mas não são projetadas para resistir a cargas externas, exceto seu peso próprio e as forças exercidas durante o seu içamento como foi o exemplo do módulo de banheiro anterior.

6) Módulos mistos

Nessa forma de construção os Modelos são mistos em que temos várias topologias em uma construção modular só, porém as cargas são calculadas de forma diferente, conforme as necessidades de cada parte do projeto (LAWSON, 2007).

7) Módulos especiais de escadas ou elevadores.

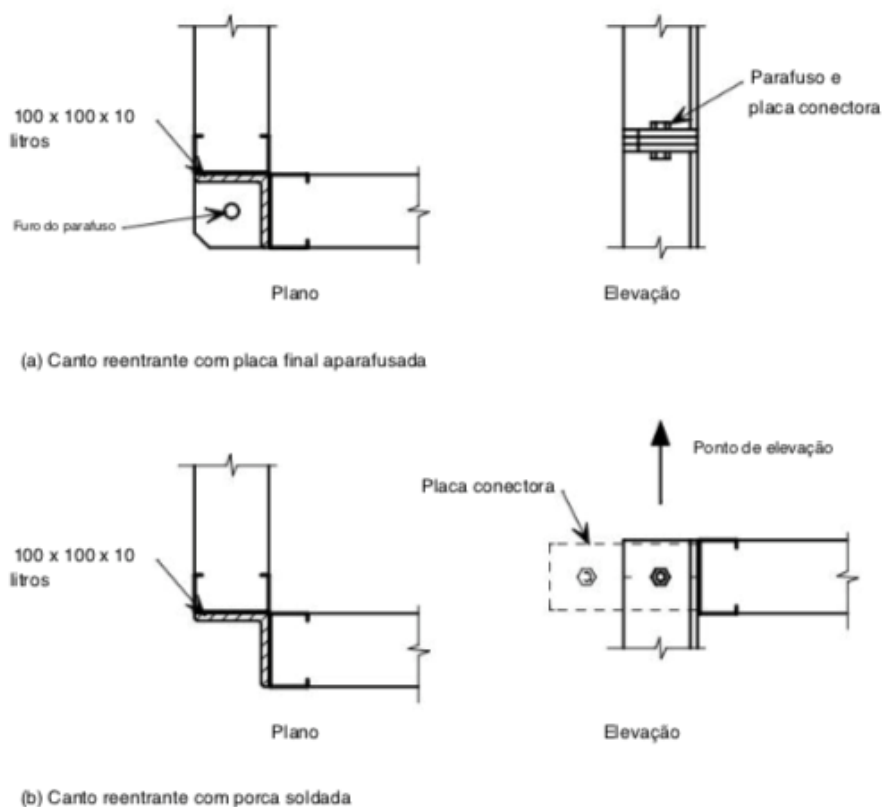
As escadas modulares podem ser planejadas como unidades totalmente modulares e podem ser utilizadas em edifícios de até 4 pavimentos de altura (LAWSON, 2007).

Quanto à altura, na grande parte dos casos em que se usa o módulo tridimensional, a dimensão padrão piso-teto é de 450 mm, embora muitos sistemas forneçam profundidades menores. Por exemplo, uma altura de 300 ou 375 mm é viável em alguns sistemas e alinha-se com o curso de tijolos. (LAWSON, 2007)

Na questão da estrutura o uso do aço é muito valorizado na construção modular, por apresentar propriedades superiores que se ajustam perfeitamente ao conceito de construção modular fora do local. As unidades modulares produzidas com componentes de aço oferecem benefícios notáveis, como a precisão superior, uma longa durabilidade, a resistência ao fogo, a excepcional resistência com peso reduzido e a alta sustentabilidade. Pesquisas já realizadas sobre edificações modulares com estrutura de aço reforçam ainda mais a melhoria no desempenho (GATHEESHGAR et al., 2021).

E na questão dos pontos de fixação, Lawson (2007) representa, conforme figura abaixo (Figura 17), formas genéricas de fixação utilizando ângulos nos cantos dos módulos.

Figura 17 – Pontos de fixação

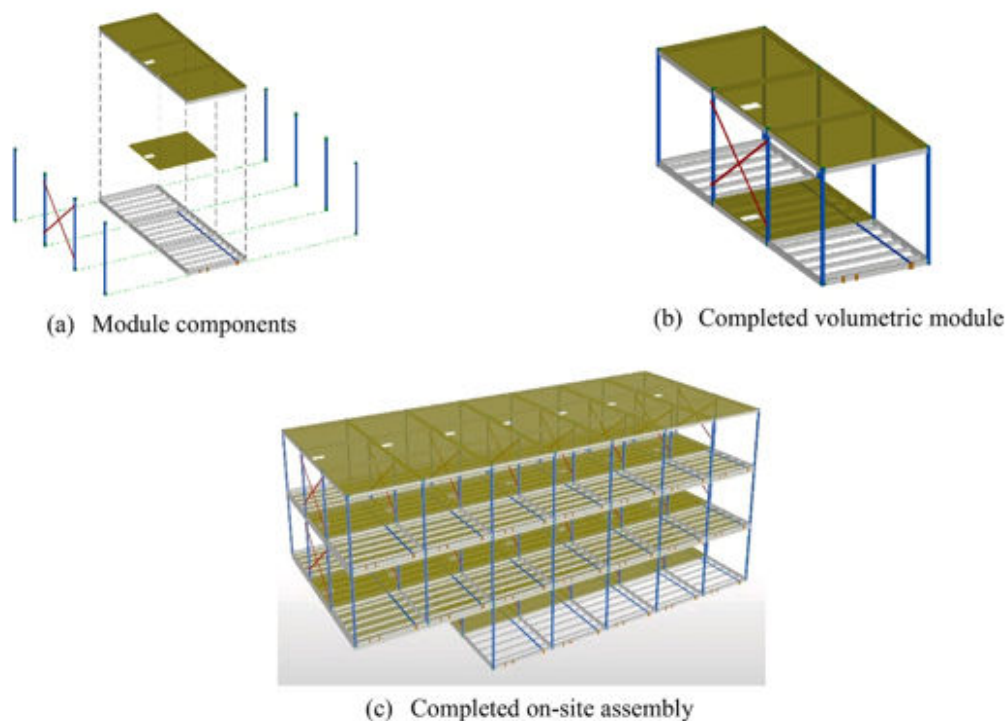


Fonte: LAWSON, 2007

As unidades tridimensionais ou unidades de sala utilizadas nesse tipo de construção modular podem ser produzidas de diversos materiais tais como madeira, aço leve galvanizado, materiais compostos ou quaisquer matérias-primas que suportem a rigidez do transporte e sejam estruturalmente resistentes. (MUSA et al., 2016).

Por fim, o sistema é composto por elementos individuais que, quando combinados, resultarão na unidade volumétrica tridimensional em suas variadas formas, conforme demonstrado. Após isso, no local de construção, esses componentes serão montados integralmente para que tenhamos a edificação modular completa, caracterizando-se assim como um projeto que emprega o sistema volumétrico modular.

Figura 18 – Construção Modular. (a) Componentes do módulo, (b) Módulo volumétrico concluído e (c) Montagem concluída no local



Fonte: GATHEESHGAR et al., 2021.

O foco da pesquisa atual se concentra no projeto que faz uso do Sistema Modular Volumétrico, levando em consideração a construção modular como resultado. Para tanto, a fim de fundamentar a pesquisa, faz-se necessário expor alguns conceitos.

2.2.4 Fundamentos do Sistema Modular Volumétrico

Um sistema modular eficiente deve possibilitar flexibilidade na organização interna, ao mesmo tempo em que deve assegurar a disciplina na produção externa, garantindo a padronização dos componentes e a eficiência na fabricação. (LAWSON et al., 2014).

De acordo com De Andrade (et al. 2021), o sistema modular é caracterizado pela construção de ambientes em módulos prontos para uso imediato, destacando-se por sua eficiência na resposta rápida e na confiabilidade diante de desastres naturais.

Uma das principais respostas dadas com uso desse sistema que serviu de exemplo para várias outras localidades, foram os hospitais de emergência durante a pandemia COVID-19 da cidade de Wuhan na China conhecidos como *Fangcang*. Em linhas gerais, foi notado que a China, provavelmente por ser a primeira localidade a enfrentar o coronavírus em larga escala, foi uma grande influenciadora de outros países das soluções adotadas através do seu modelo baseado no sistema modular (DE ANDRADE SILVA et al., 2021).

A agilidade do sistema é uma vantagem significativa, porém a complexidade no manuseio durante a movimentação no transporte, que requer guindastes ou equipamentos pesados, é citada como uma desvantagem. Portanto, essa questão deve ser considerada como um princípio orientador para a implementação do Sistema Modular Volumétrico.

Figura 19 – Exemplo de içamento



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar. Hospital Albert Einstein Morumbi

Baseado em Lawson et. al (2014), alguns conceitos gerais são relevantes ao planejar a construção de edifícios com utilização de unidades modulares, os quais podem ser aplicados também às partes do edifício erguidas através de outros métodos construtivos. Dentre esses, pode-se incluir os painéis de piso para corredores e áreas de circulação, escadas, serviços principais, revestimento e cobertura.

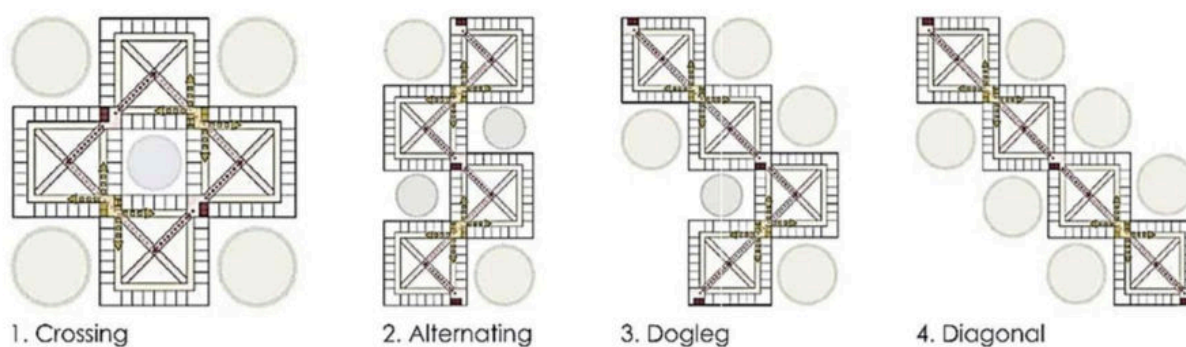
Esses conceitos fundamentais apresentados por Lawson (et al. 2014) são:

- a) **Definir o tipo de módulo a ser aplicado**, ou seja, decidir se os módulos de quatro lados satisfazem os requisitos espaciais e funcionais ou se os módulos de lados abertos são necessários para obter um uso mais eficaz do espaço;
- b) **Projetar o layout dos ambientes**, a fim de obter o máximo de repetição possível no tamanho e adequação dos módulos. A capacidade de carga da estrutura modular pode ser variada, mantendo-se a geometria externa;

O que se observou no caso recente da pandemia é que, apesar da construção modular permitir grande flexibilidade de projeto, o zoneamento funcional dos hospitais dependerá do tipo de vírus, o que se refletirá no plano de unidades e subdivisão de áreas. Além disso, o zoneamento funcional de hospitais temporários depende do arranjo e do layout espacial e baseia-se principalmente na organização de enfermarias de isolamento e pode assumir quatro formas conforme figura abaixo (Figura 20) (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Figura 20 – Planejamento da disposição dos módulos.

1. Cruzando, 2. Alternando, 3. Dobrando e 4. Diagonal.



Fonte: SMOLOVA e SMOLOVA, 2021.

- c) **Definir as dimensões do Módulo**. O tamanho do módulo deve ser compatível com transporte, acesso local e restrições de instalação.

No caso do Brasil, com base na Resolução CONTRAN Nº 246 de 13/12/2021, a largura máxima é de 2,60 m, sem autorização especial, podendo chegar até a largura externa de 3,20m com uma autorização especial simples. E o comprimento máximo do módulo pode ser de até de 15m considerando esta questão do transporte para este estudo. As alturas das cargas estão limitadas a 4,40 m por essa resolução.

A partir desta definição de extensão dos módulos, entende-se que é oportuno verificar qual a modularidade de construção padrão desejada, nos termos referidos no item 2.2.2, conforme exigido pela tipologia de projeto.

Na arquitetura hospitalar, é comum empregar um módulo de 1,20m. Essa padronização é relevante por estar fundamentada no sistema decimal, seguindo a recomendação da NBR 15873, que preconiza um módulo básico de 10cm e inclui submúltiplos essenciais para a construção civil, como 30cm ou 60cm. Além disso, a adoção do múltiplo de 7,20m desse padrão auxilia na racionalização estrutural. (FARIAS, 2016). De acordo com Carvalho (2014), a padronização deste módulo de 1,20m em construções hospitalares se deve principalmente à influência da antiga portaria 400 (BRASIL, 1977), a qual enfatizava que essa era a dimensão apropriada para os projetos hospitalares. (GREVEN e BALDAUF, 2007).

Então, segundo o autor Farias (2016), **a modulação de 1,20m** torna-se mais aconselhável, por apresentar multimódulos estruturais de fácil adaptação, podendo adotar medidas como 6,0m, 7,2m ou 8,4m com boa flexibilidade e economia. Assim como o uso do multimódulo, o submódulo de 60 cm pode trazer maior racionalidade para as dimensões de projeto (FARIAS, 2016).

E os autores Carvalho e Tavares (2002) complementam que, além dessa fácil adaptação, a flexibilidade da modulação de 1,20m potencializa a sua utilização em projetos de áreas da saúde. Esses multimódulos estruturais também permitem diferentes soluções combinadas e construtivas (CARVALHO e TAVARES, 2002).

- d) **Definir de que forma o edifício pode ser estabilizado** usando o módulo sozinho, ou em combinação com outros módulos, com contraventamento adicional, ou ainda, se for o caso de prédios altos, utilizando um núcleo de concreto ou aço contraventado. Muitas vezes, os volumes de circulações verticais como escadas e elevadores já cumprem este papel.

- e) **Planejar uma previsão de Instalações.** Pré-ajustar as instalações e equipamentos dentro dos módulos e decidir seu acesso de fora dos módulos e como eles são distribuídos pelo edifício.

Nesse ponto, por exemplo, o steel frame que remete à uma série concebida por perfis em aço galvanizado dispõe seus componentes da parte hidráulica e elétrica ainda em uma fase inicial, antes mesmo das vedações com painéis. Portanto, o quesito ordenação e otimização de prazos são elementos significativos nesta metodologia de construção seca e modular. (SOUZA, 2021).

- f) **Considerar a estratégia de segurança contra incêndios** e a compartimentação eficaz contra incêndios proporcionada por um conjunto de módulos. O mesmo autor salienta que os módulos com duas camadas de gesso cartonado atingem até 90 minutos de resistência ao fogo.

Figura 21 – Previsão de Instalações de Incêndio no Módulo



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar. Hospital Albert Einstein Morumbi

- g) **Considerar o sistema de revestimento** a ser utilizado e como ele pode ser conectado aos módulos. Planejar se as juntas entre os módulos devem ser enfatizadas ou ocultas como parte do conceito arquitetônico (LAWSON et al., 2014).

Alguns destes princípios apresentados serão utilizados na análise do uso do sistema com essa função programática, incluindo o uso da modulação de 1,20 m, a definição do tipo de módulo e a projeção do layout e, ainda, a previsão de local para as instalações. Além disso, a proposta da pesquisa também inclui mais três princípios ligados à edificação hospitalar como forma de complementação na concepção de módulos, nas soluções compositivas, e também nas análises do uso do sistema. Nesse sentido, são apresentados os três conceitos.

Os projetos de arquitetura de edificações de saúde devem atender aos fatores de **funcionalidade, flexibilidade e expansibilidade** na visão de Carvalho (2014). Reis ainda reforça a presença unânime destes três conceitos e a forma como estão interligados nas reflexões teóricas acerca da edificação hospitalar indicando um tripé para o seu sucesso.

Sendo assim, a proposta da pesquisa pretende atender a esses requisitos com o uso do Sistema Modular Volumétrico para a tipologia arquitetônica definida na temática.

- h) A **funcionalidade** de um estabelecimento hospitalar engloba o conceito de continuidade, que é um projeto com um conceito através do qual a estrutura anatômica do prédio hospitalar organiza as rotas, distâncias e conexões entre as seções e unidades ou departamentos. (GÓES, 2004).

Carvalho e Tavares (2002) adicionam que, no caso de projetos e construções de EAS, em que a funcionalidade desempenha um papel crucial, por estarem interligados, tais atributos reduzirão consideravelmente as despesas de manutenção do edifício, permitindo que ele se ajuste rapidamente aos avanços ágeis da medicina.

Farias entende que a funcionalidade é o mais importante dos três citados, pois salienta que o edifício deve tornar o mais fácil possível o trabalho de toda a assistência médica e grupo de funcionários, assim como garantir a melhoria da saúde dos pacientes. Para tanto, neste conceito deverá ser analisado com atenção o fluxo dos pacientes, funcionários, material sujo, cadáveres, lixo, etc. (FARIAS, 2016).

- i) Além da relevância da **flexibilidade** do projeto, é crucial considerar que a tecnologia dos equipamentos de saúde e sua operação estão em constante evolução. Portanto, é essencial planejar um projeto que, mesmo sem expandir fisicamente, possua a capacidade interna de se adaptar em suas vedações, permitindo, por exemplo, futuras modificações em um ambiente que possa sofrer alterações em suas tecnologias (FARIAS, 2016).

Mayor (2012) endossa a visão de Carvalho e Tavares (2002) sobre a modulação, trazendo benefícios para a eficiência do processo construtivo ao permitir a flexibilidade na combinação de elementos, resultando em uma definição e alcance mais precisos das dimensões. Além disso, promove a padronização dos elementos, o que simplifica a produção em larga escala. Ao estabelecer uma medida base para os demais componentes e controlar as variações de tamanho, a modulação incentiva a repetição e viabiliza a produção em série (MAYOR, 2012).

O autor Smith (2010) traz uma observação interessante sobre esse requisito, ele afirma que a flexibilidade compositiva é maior em blocos menores, enquanto que os blocos maiores permitem um maior grau de acabamento. Portanto, o planejamento dos módulos e suas soluções compositivas serão essenciais para proporcionar essa versatilidade.

A própria flexibilidade não é classificada em uma categoria da Teoria do projeto de apoio para edifícios de saúde. No entanto, a partir da planta aberta e da flexibilidade dos espaços, os arranjos espaciais podem se ajustar com mais facilidade às mudanças das necessidades dos usuários. Portanto, Cesário (2023) considerou relevante ressaltar a importância desse atributo.

- j) **Expansibilidade** é o conceito de projeto que permite que o partido adotado preveja futuras extensões da construção. A falta de um planejamento para a expansibilidade resulta em grandes aglomerados de ambientes no hospital. Isso dificulta a manutenção, a adaptação e prejudica a ventilação e iluminação natural, os fluxos, a setorização e até mesmo a circulação. Portanto, é uma solução temporária e paliativa (DE SOUZA, 2008).

Cavalcanti et al. (2019) argumentam que a expansibilidade deve ser um requisito crítico em projetos de habitação popular e que também deve ser um requisito crítico ao planejar construções hospitalares. As instalações de hospitais públicos também devem ser planejadas usando características como flexibilidade interna, que facilita a reforma e o ajustamento, e expansibilidade, que permite acomodar o aumento da demanda ao longo do tempo (CAVALCANTI et al., 2019).

2.2.5 Vantagens do Sistema Modular Volumétrico

Segundo Lawson (et al. 2014), as principais vantagens da construção modular quanto ao custo, qualidade e tempo podem ser resumidas da seguinte forma:

- a) Tempos de construção mais curtos, levando a custos reduzidos de gerenciamento do local e retorno antecipado do investimento;
- b) Qualidade superior alcançada pela fábrica processo de construção e verificações pré-entrega;
- c) Economia de escala na produção, principalmente em projetos maiores ou em projetos repetidos utilizando a mesma especificação modular;
- d) Excelente isolamento acústico e térmico e segurança contra incêndio devido à natureza de dupla pele da construção, o que significa que cada módulo é efetivamente isolado de seus vizinhos;
- e) Leve, menos uso de material e menos desperdício em comparação com a construção intensiva do local, e maiores oportunidades de reciclagem na produção fabril. A depender do tipo de parede utilizado e piso também;
- f) Possibilidade de reaproveitamento no caso de instalações provisórias. Capacidade de desmontar o edifício e manter o valor do ativo se os módulos forem reutilizados em outro lugar;
- g) Aumento da produtividade na produção fabril e redução da necessidade de mão de obra no local. A instalação dos módulos é feita por equipes especializadas;
- h) Construção mais segura em termos de fábrica e atividades do local;

- i) Menos perturbação na vizinhança durante construção, o que é extremamente importante onde aos edifícios de saúde necessitam funcionar sem interrupções.

Conforme Greven e Baldauf (2007), é viável reduzir despesas de mão de obra, diminuir os prazos de execução para reduzir custos administrativos gerais e minimizar desperdício de materiais ao construir edifícios públicos. A combinação desses fatores coopera na diminuição os custos e proporcionam a sustentabilidade através da redução de desperdícios.

Segundo Musa (et al., 2016), outra vantagem deste sistema é que admite acelerar o cronograma de entrega, permitindo que as construções modulares na fábrica possam ocorrer de forma simultânea com as obras de canteiro e de fundação. Os projetos de construção modular podem ser concluídos entre 30% a 50% mais rápido se comparado à construção tradicional. E ainda, entre 60 - 90% da construção é concluída dentro de uma fábrica, o que reduz consideravelmente o risco de atrasos no cronograma em função das intempéries desfavoráveis. (MBI, 2013).

A construção modular pré-fabricada tem sido amplamente utilizada para salvar vidas influenciadas pelas calamidades do aquecimento global, servindo como abrigos urgentes e temporários. Em comparação com o processo de construção convencional, a utilização de unidades pré-fabricadas é mais eficiente quando é necessária uma construção rápida, o que permite cobrir grandes áreas e fornecer assistência médica a pessoas necessitadas. (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Uma experiência muito conhecida é o caso do Hospital Leishenshan que, com base nas especificações técnicas unificadas, produção padronizada e industrializada, e o ambiente de fábrica satisfatório e a precisão de processamento, os operadores poderiam controlar a qualidade dos componentes, minimizando defeitos e garantindo a qualidade geral da construção durante a montagem rápida em campo. Além disso, os componentes pré-fabricados padronizados ainda possuem a capacidade de ser reciclados, desmontados e remontados, economizando energia e protegendo o ambiente. (WEN-TAO e SONG-MIN,).

As suas informações dos módulos (número, tipo e especificações técnicas da unidade pré-fabricada do tipo contêiner) foram inspiradas diretamente no modelo Building Information Modeling (BIM) para abastecer os fornecedores com os dados precisos para que eles reproduzissem os desenhos, programassem as tarefas de produção, preparassem os materiais de produção e ainda gerissem o armazenamento e a logística de cada encomenda de módulos produzidos. Durante esse processo, foi possível o empreiteiro principal acompanhar o status da produção, pois os componentes individuais no modelo BIM já constavam com as informações específicas do fornecedor. Assim, com o apoio do BIM, a comunicação de informação entre a produção e a construção foi agilizada. (LUO et al., 2020)

Assim, dispor de programas fundamentados nessa metodologia BIM para elaboração dos projetos, de forma a facilitar o entendimento e planejamento, é ainda mais vantajoso se somado às alternativas modulares por gerar mais precisão à racionalização da obra. (AGUILAR et al., 2022)

Entretanto, para que o processo construtivo desde a concepção projetual até a execução seja bem sucedido, os colaboradores, principalmente projetistas, engenheiros e arquitetos devem ficar atentos às informações que especificam os elementos pré-fabricados definidos, de modo em que toda a equipe envolvida no projeto esteja a par das orientações necessárias para efetivação das fases projetuais, assegurando resultados assertivos. (AGUILAR et al., 2022)

Figura 22 – Modelo BIM no Hospital modular.



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar. Hospital Albert Einstein Morumbi

Outra vantagem é que futuramente, se necessário, os módulos podem ser transportados para outro local e utilizados para a construção de um objeto completamente diferente (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021). O uso desse tipo de sistema se torna sustentável e rápido. Sendo assim, o sistema de construção modular demonstrou ser adequado aos requisitos exigidos para um tipo de construção em crise e também pós-crise, com melhor desempenho geral. (GATHEESHGAR et al., 2021).

No caso dos estabelecimentos assistenciais de saúde do Exército Brasileiro esse aspecto é de grande relevância, porque devido ao aumento de usuários, não é incomum que setores que possuem uma função administrativa ou de alojamento, por exemplo, transformam-se em unidades de atendimento médico-hospitalares ou o contrário também é passível de ocorrência em função de alguma estratégia do Plano Diretor da Organização Militar (PDOM).

Em um projeto de edifício industrializado, existem dois locais de construção em operação simultânea: o terreno e a fábrica (GARRISON E TWEEDIE, 2008). Teribele (2016) esclarece em seu estudo de sistema nomeado como Arquitetura Modular Volumétrica (AMV) que se trata de um processo que impacta tanto o projeto quanto a produção. Dessa forma, o sistema admite a divisão em duas etapas: 1) Módulos - unidades independentes construídas na indústria; e 2) Edifício - um ou mais módulos que se conectam no terreno para formar a composição desejada. Essa separação mesma separação compõe o Sistema Modular Volumétrico (SMV) desenvolvido nesta presente pesquisa.

2.3 Hospitais com o Uso do Sistema Modular Volumétrico

2.3.1 Hospitais no Exterior

Esse modelo, bastante flexível e adaptável conforme a complexidade exigida, viabilizou a sua utilização no **Hospital Northside Gwinnett, Atlanta**, em um conjunto contendo uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) de cuidados intensivos e espaços de baixa complexidade, como salas cirúrgicas e sala de observação ou recuperação pós-anestésica (LERDAHL).

Figura 23 – Hospital Northside Gwinnett, Atlanta.



Fonte: STAAT Mod

O STAAT Mod apresenta uma durabilidade excelente, garantindo sua capacidade de suportar uma estratégia hospitalar de longo prazo, ou seja, em edificações permanentes, não só as temporárias e, segundo LerdaHL está dentro das normas vigentes no local. Com toda essa área adicional, permitiu que o Hospital Northside assistisse a diversos pacientes sem comprometer a qualidade clínica, a segurança, a eficiência ou a dignidade de qualquer pessoa. (LERDAHL).

Trata-se de uma solução modular híbrida volumétrica que integra soluções DIRT - líder global em construção industrializada neste nicho - para a construção interna de uma caixa com estrutura de aço projetada para se encaixar na traseira de um semirreboque e ser transportada da oficina do empreiteiro até o local do hospital, que, neste caso, estava a cerca de 1.450 km de distância. Os elementos incluem paredes, molduras de portas, marcenaria, gás flexível, energia e redes. (LERDAHL).

Figura 24 – Uma zona de colaboração e mapeamento de enfermeiras implantada em uma UTI modular construída totalmente fora do local para o Northside Hospital Gwinnett em Lawrenceville, Geórgia.



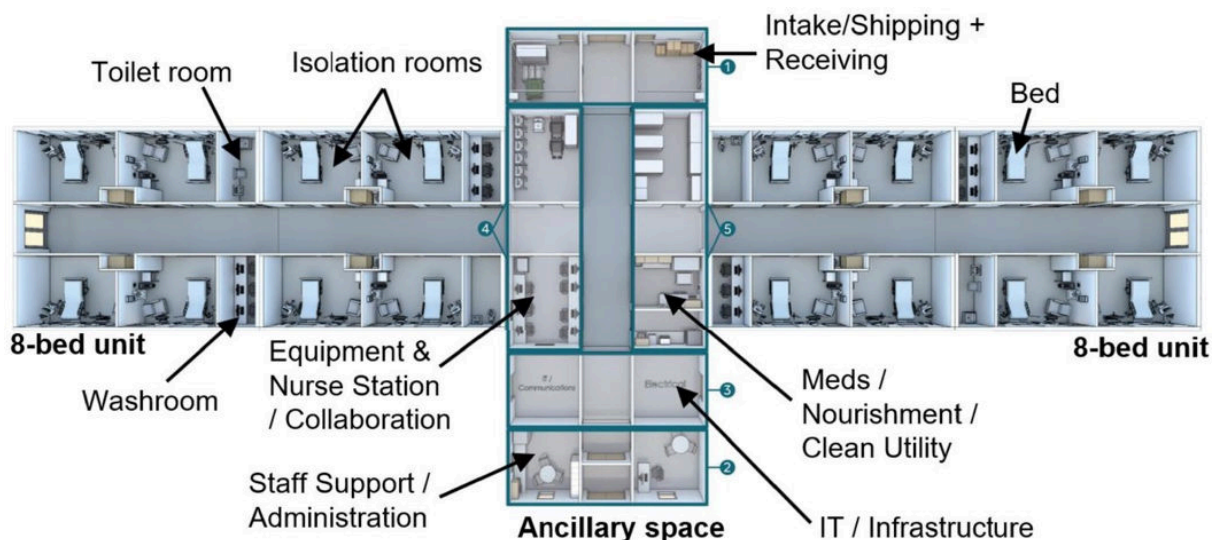
Fonte: HEADLEY, 2023. Foto de Thomas Watkins.

O segundo exemplo de utilização deste modelo STAAT MOD está no **Advocate Aurora Health Grafton Medical Center em Wisconsin**. A instituição optou por utilizar a unidade do STAAT MOD da Boldt também com o intuito de solucionar questões urgentes de capacidade e aumentar a flexibilidade no atendimento aos pacientes cirúrgicos. Essa solução pré-fabricada, totalmente modular, permitiu a rápida adição de leitos de alta qualidade no campus de Grafton (STAATMOD).

O planejamento foi de uma unidade de observação de 16 leitos. A produção dos módulos foi finalizada nas instalações da fábrica da Boldt Company em menos de cinco semanas, os quais, posteriormente, foram transportados para o local, onde foram instalados sobre as bases e conectados ao hospital principal. A estimativa inicial de término da execução era de 9 meses, contados a partir da assinatura do contrato até a entrega (HEADLEY, 2023).

Além dos leitos para os pacientes, a edificação proposta dispõe de duas áreas destinadas aos funcionários, banheiros para os pacientes e colaboradores, áreas separadas para utilidades sujas e limpas, armazenamento de equipamentos, sala de medicamentos, espaço para refeições, bem como salas para abrigar as instalações de água e de eletricidade (HEADLEY, 2023).

Figura 25 – Planta baixa esquemática do uso de unidades do STAAT Mod.



Fonte: DING et al., 2022.

Figura 26 – A instalação de uma unidade modular de observação no Advocate Aurora Health – Grafton Medical Center em Wisconsin



Fonte: HEADLEY, 2023. Cortesia da The Boldt Company;

Figura 27 – Vista Aérea Montagem Módulos Advocate Aurora Health



Fonte: STAAT Mod

Figura 28 – Vista Aérea Advocate Aurora Health



Fonte: STAAT Mod

Figura 29 – Perspectiva Projeto Advocate Aurora Health



Fonte: STAAT Mod

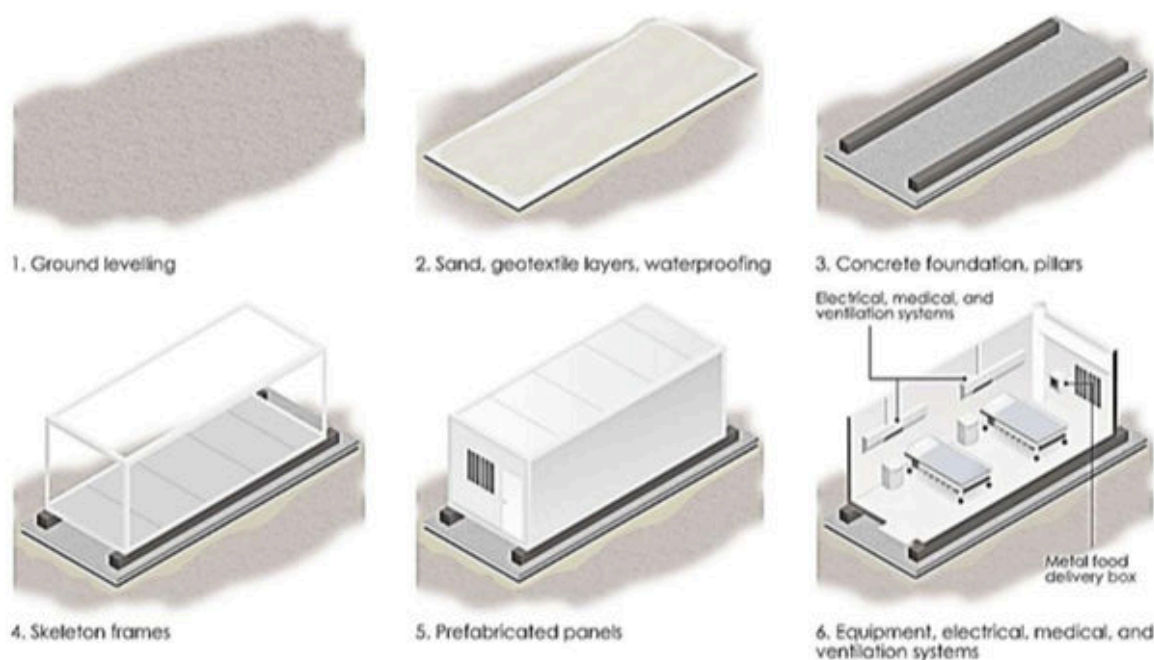
Ampliando o estudo, elencou-se hospitais de grande porte que já se utilizaram do sistema construtivo modular. Na China foram construídos 13 hospitais de emergência conhecidos como *Fangcang*. Os mais conhecidos foram o **Hospital Huoshenshan**, construído em dez dias e com capacidade de 1.000 leitos, e o **Hospital Leishenshan**, levantado em seis dias e com capacidade para 1500 pacientes (DE ANDRADE SILVA et al., 2021).

O mencionado **Hospital Leishenshan** foi construído como uma resposta de emergência para fornecer assistência médica a pacientes infectados com o novo vírus Covid-2019 (CHEN et al, 2021).

O hospital foi projetado por Zhongnan e posteriormente construído pela China Construction Third Engineering Bureau. O hospital incluía unidades de isolamento de 1.500 leitos localizadas em um terreno de 79.900 m² cobrindo uma área de 21,97 ha (CHEN et al, 2021). Uma estrutura de aço foi utilizada como um conjunto modular primário, entregando várias funções adotadas para hospedar operações em total isolamento (CHEN et al, 2021). O hospital iniciou a sua construção em 25 de janeiro de 2020 e dia 5 de fevereiro já estava dando início ao seu funcionamento. (VIDIGAL, 2020).

O processo de construção do hospital Leishenshan levou dez dias e foi subdividido em várias fases. Como mostra a figura a seguir (Figura 30), o processo de implementação consiste em várias etapas. A preparação inicial inclui o trabalho de escavadeiras e tratores para o nivelamento do terreno. Quando o terreno é plano, a areia é distribuída no solo em camadas combinada com uma manta geotêxtil e também materiais impermeabilizantes no meio para formar a base para a fundação. Em seguida, a fundação de concreto é despejada na área emoldurada com pilares para posterior sistema de drenagem de resíduos. Quando a fundação é definida, um esqueleto das unidades é colocado de acordo com o plano. Consequentemente, os módulos do esqueleto são completados com painéis pré-fabricados e sistemas elétricos, médicos e de ventilação essenciais, por fim, camas e outros equipamentos podem ser colocados (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Figura 30 – Processo de implantação do Hospital Leishenshan.



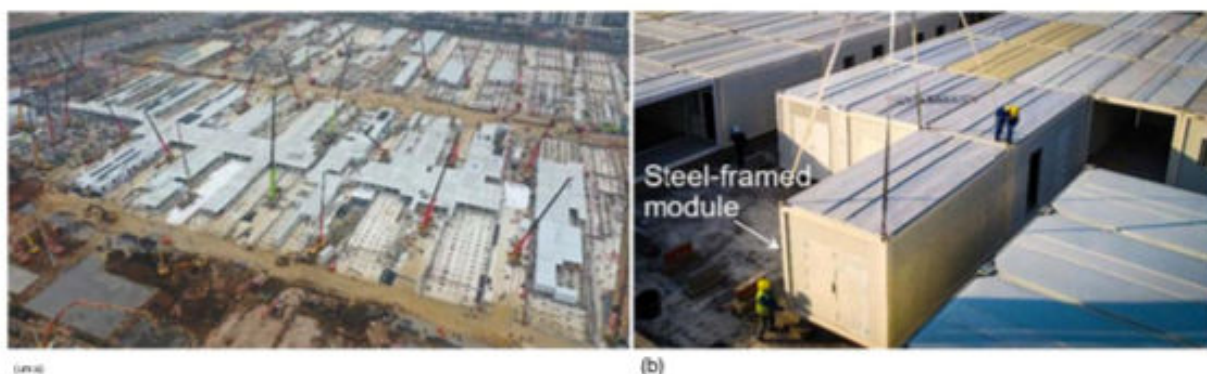
Fonte: WANG et al., 2020.

O projeto do hospital Leishenshan, construído na cidade de Wuhan, combinou a montagem de módulos in loco encaixados na estrutura e se utilizou de tecnologias inovadoras BIM que auxiliaram no planejamento e execução precisa do hospital (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Durante a fase de projeto, arquitetos e engenheiros integraram dois tipos de módulos com dimensões de 3x6x2,9 m e 2x6x2,9 m. As unidades modulares adotaram um sistema de esqueleto composto por paredes de placas compostas como elementos principais. A utilização de um sistema composto permitiu rigidez, segurança, estabilidade e durabilidade de toda a estrutura. Ao compor o módulo, paredes, tetos e painéis de piso incluíram isolamento de fibra de vidro e acabamentos em chapa de aço (CHEN et al, 2021). E, além disso, cada unidade modular foi bem isolada e equipada com um sistema de drenagem colocado nos cantos (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

Por conveniência de produção padronizada, toda a área da enfermaria de isolamento (incluindo a farmácia, drogaria e as passagens sanitárias centralizadas) é dividido em dois módulos, em que o módulo A tem dimensão de 3 m x 6 m x 2,9 m (L*L*A) e o módulo B tem um tamanho de 2 m x 6 m x 2,9 m (L*L*A). Todos os módulos foram construídos no ambiente da fábrica, transportados para as estradas da localidade para montagem e içada no local (WEN-TAO e SONG-MIN).

Figura 31 – Construção do Hospital Leishenshan: (a) visão geral; e (b) instalação de módulos.



Fonte: DING et al., 2022. (Imagens cortesia de Penghua Zhou).

A edificação de dois pavimentos incluiu 30 unidades de terapia intensiva (UTI) e enfermarias de isolamento. (BALDWIN, 2020).

Figura 32 – Canteiro de obras do Hospital Leishenshan



Fonte: VIDIGAL, 2020, (Foto: Xiao Yijiu/Xinhua via AP)

O Hospital Leishenshan estava dividido em três conjuntos principais: área médica de isolamento (1), que possui a principal função; área para equipe médica (2) e área de apoio (3). As áreas citadas estão representadas na Figura 38 e 39. Outros módulos funcionais incluem: o Módulos de UTI (unidade de tratamento intensivo) com 30 leitos módulo de laboratório clínico, módulo de sala de cirurgia e sala de TC (tomografia computadorizada), módulo de farmácia e drogaria e centralizado módulos de passagem sanitária (WEN-TAO e SONG-MIN).

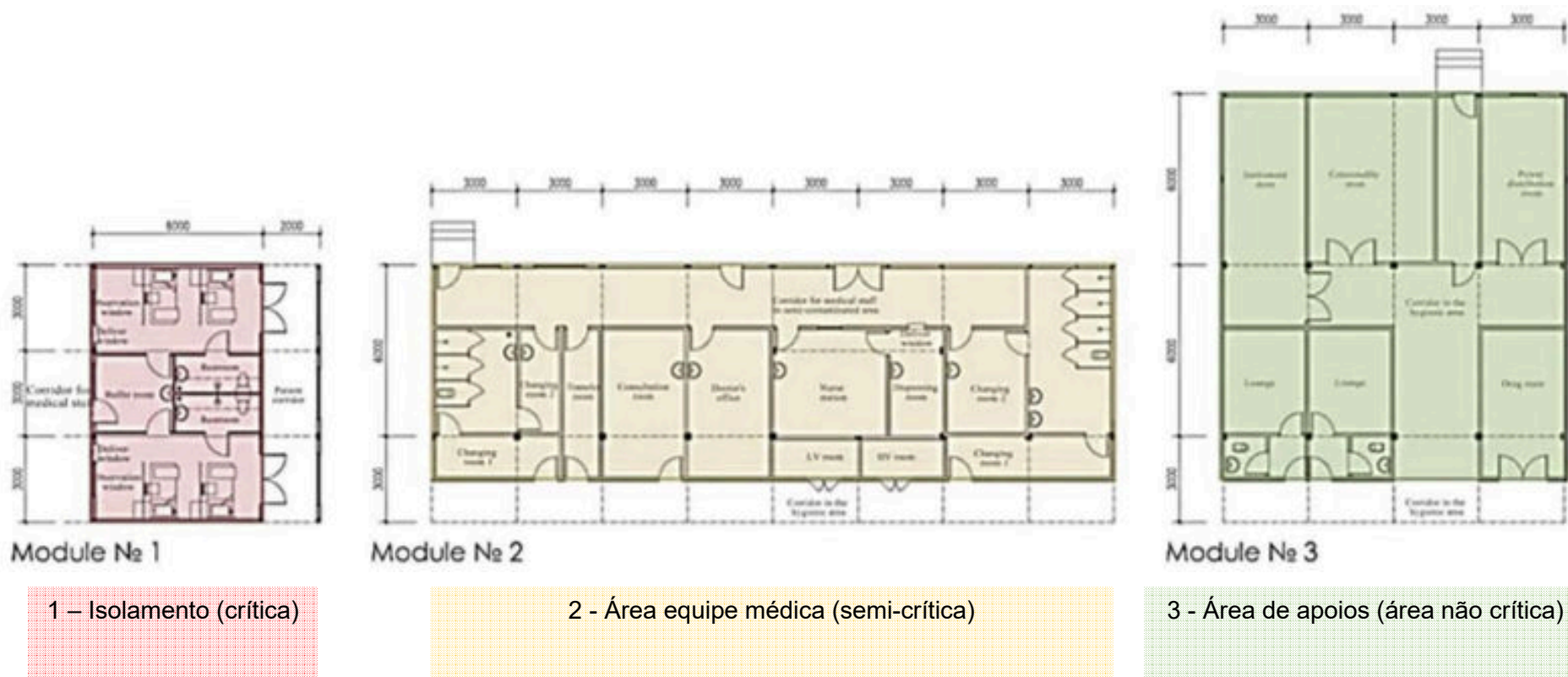
Os três conjuntos funcionais básicos também mapeiam três importantes áreas de tratamento de doenças infecciosas: área contaminada (área crítica), área semi-contaminada (área semi-crítica), e área limpa (não crítica) (WEN-TAO e SONG-MIN)

Figura 33 – Subdivisão funcional dos módulos.



Fonte: WEN-TAO e SONG-MIN, (ano?)

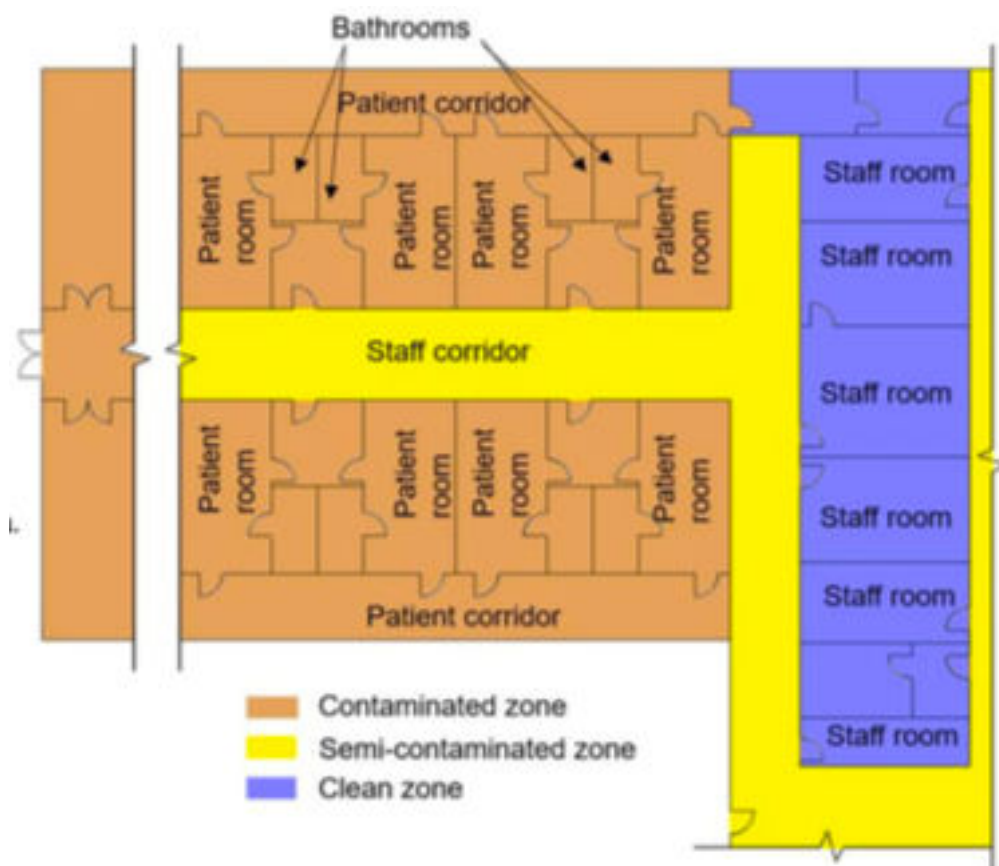
Figura 34 – 3 Conjuntos funcionais básicos



Fonte: SMOLOVA e SMOLOVA, 2021, adaptado pela autora.

A área de convivência da equipe médica e de enfermagem, que é classificada como área semi-crítica, incluía dormitório, sanitários para essa equipe, sala administrativa, refeitório e depósito para materiais de limpeza.(CHEN et al., 2022).

Figura 35 – Conceito de zoneamento no Hospital Leishenshan



Fonte: DING et al., 2022.

O segundo exemplar de hospital que o Governo chinês construiu neste mesmo período pandêmico foi o **Hospital Huoshenshan** com uma área de 25 mil metros quadrados e capacidade de 1 mil leitos. Teve o seu início da execução em 25 de janeiro de 2020 e seu funcionamento ocorreu em 3 de fevereiro. (VIDIGAL, 2020). Ou seja, em um período de 8 dias, com o uso de peças pré-fabricadas foi possível tamanha agilidade construtiva.

Enquanto máquinas carregavam os blocos e os posicionavam em seus devidos lugares, operários preparavam a rede elétrica necessária no local, levando um ritmo de construção intercalado entre dia e noite. Foram utilizados módulos tridimensionais como peças pré-fabricadas, a fim de gerar agilidade na obra, uma vez que os módulos foram implantados já prontos, além de trazer ainda o baixo custo de mão de obra e manutenção no canteiro de obras, eliminou o desperdício, ociosidade e risco de desvios de materiais (AGUILAR et al., 2022).

Figura 36 – Imagem antes (esquerda) da construção e depois (direita) do Hospital Huoshenshan em Wuhan, China



Fonte: GATHEESHGAR et al., 2021.

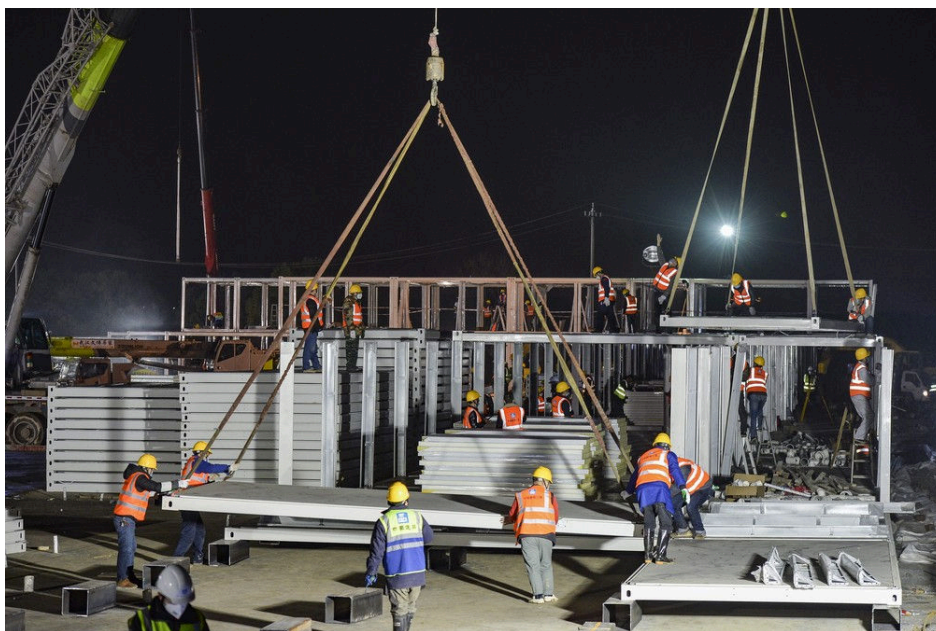
A empresa China State Construction Engineering Corp foi a construtora responsável pela execução do hospital, com os leitos planejados de forma a atuar para abrigar temporariamente pessoas em estado de tratamento que exigiam o isolamento. (AGUILAR et al., 2022)

Figura 37 – Vista aérea Hospital Huoshenshan em Wuhan, China



Fonte: Chinatopix/AP 2020

Figura 38 – Operários instalam peças pré-fabricadas para montar os módulos do hospital Huoshenshan

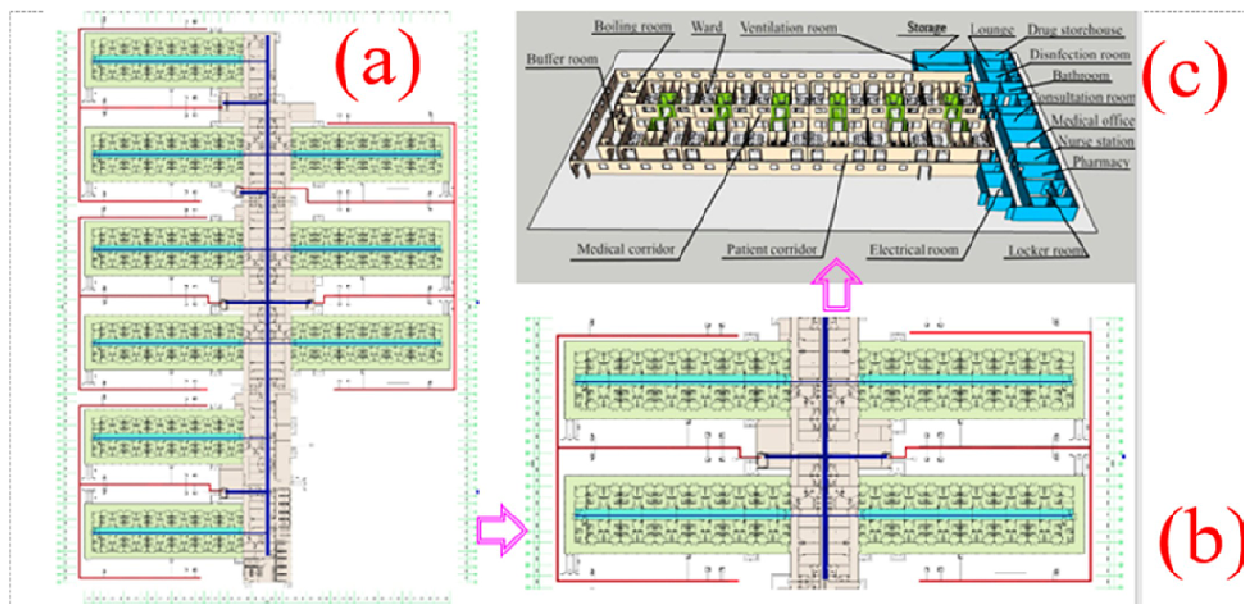


Fonte: Chinatopix/AP 2020

Os comprimentos desses módulos de construção variavam de 6 a 12 m e de 2 a 3,8 m de largura. As alturas típicas para tais módulos de construção são de aproximadamente 3 m. (DING et al.,2022).

Figura 39 – Planta Baixa dos zoneamentos.

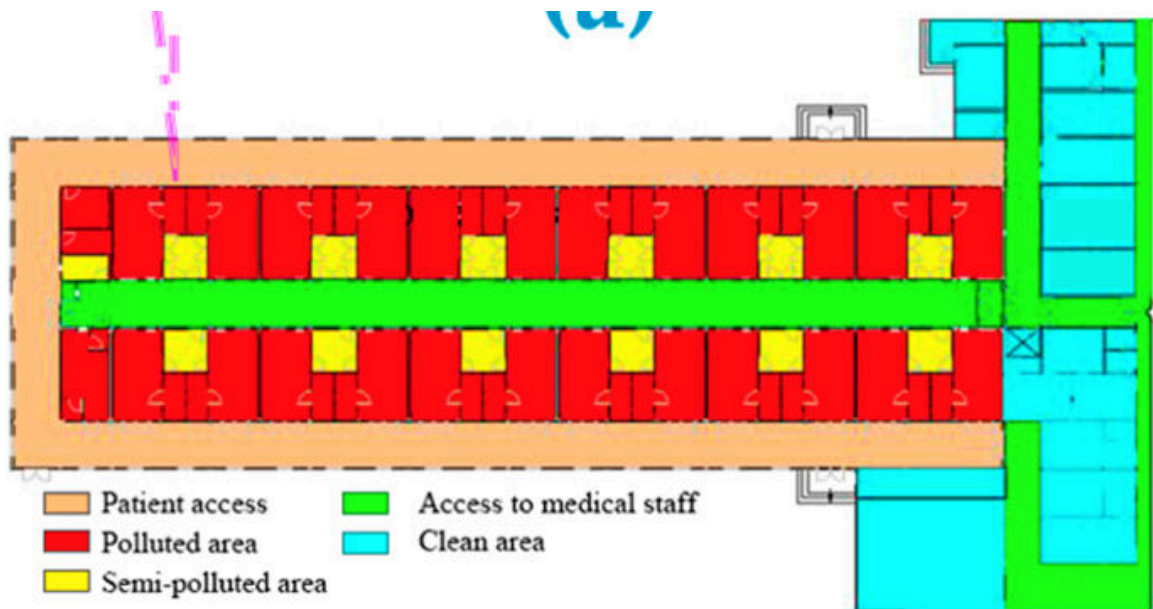
(a) Diagrama esquemático área médica de isolamento módulo (conjunto) H, (b) desenho específico do módulo (conjunto) H e (c) desenho em 3D na unidade.



Fonte: CHEN et al., 2022.

O layout da enfermaria conformou-se em três zonas e dois corredores, conforme ilustrado na Figura a seguir (Figura 40). A unidade de enfermagem possui 50 leitos e um conjunto H corresponde a quatro dessas unidades. Os critérios fundamentais para admissão de pacientes com doenças infecciosas abrangem três tipos de áreas e dois fluxos principais: área crítica (Polluted area), área semi-crítica (semi-polluted area) e área limpa (clean area). Tanto a circulação dos pacientes quanto a dos médicos está associada a duas saídas. (CHEN et al., 2022)

Figura 40 – Disposição em : área crítica (Polluted area), área semi-crítica (semi-polluted area), e área limpa (clean area) e marcação dos eixos de acesso da equipe medica e de enfermagem e acesso externo dos pacientes.



Fonte: CHEN et al., 2022.

As caixas modulares podem ser utilizadas de forma individual ou combinadas em diversas disposições conforme necessário, permitindo criar um ambiente espaçoso ao combinar diferentes configurações tanto na horizontal quanto na vertical. É possível empilhá-las verticalmente para formar um sistema de construção modular de vários andares. Nesse projeto, empregam-se apenas conjuntos modulares de uma camada, totalizando mais de 3.190 módulos.

A estrutura da caixa é feita de aço, com vigas e colunas do esqueleto principal moldadas a frio, soldadas umas às outras para formar uma estrutura de aço moldada a frio. Para garantir resistência e estabilidade das paredes, placas superior e inferior, é realizado um espaçamento de aço formado entre 500 e 1200 mm, soldado em todos os seis lados.(CHEN et al., 2022)

Esse período da pandemia levou os arquitetos e urbanistas a concentrarem sua atenção na busca por soluções ou adaptações do espaço existente. A arquitetura revela-se como uma poderosa ferramenta capaz de construir, reorganizar e ajustar ambientes em circunstâncias como essa. Embora o exemplo do hospital com uma grande quantidade de leitos construído em poucos dias, do zero, em Wuhan, China, tenha sido uma demonstração de rápida resolução diante da crise, é importante ressaltar o considerável esforço envolvido, com jornadas ininterruptas, custos extremamente elevados e a ocupação de um terreno vasto exclusivamente para sua edificação. E agora tudo isso foi desativado. (CEZÁRIO, 2023.) De acordo com Baldwin (2020), a construção somou uma equipe de 7 mil trabalhadores.

2.3.2 Hospitais no Brasil

Na arquitetura brasileira, assim como também internacional, tem-se o exemplo da obra de João Filgueiras Lima, o Lelé. Com arquitetura fundamentada na pré-fabricação de componentes de argamassa armada e estruturas de aço, foram desenvolvidos os projetos da Rede Sarah de Hospitais em todo o Brasil. (FONYAT, 2013).

Hoje, a rede SARAH está presente nas cidades de Brasília/DF, Salvador/BA, São Luís/MA, Belo Horizonte/MG, Fortaleza/CE, Macapá/AM e Belém/PA, sendo que em Brasília são duas unidades, totalizando 9 unidades. Todas elas caracterizam-se por uma cuidadosa integração de sua concepção arquitetônica aos princípios de organização do trabalho e aos diferentes programas de reabilitação, definidos conforme os indicadores epidemiológicos da região em que cada unidade está inserida.

O Hospital Sarah Kubitschek em Brasília, Distrito Federal é um exemplo de que a utilização da pré-fabricação (estrutura metálica e argamassa armada) pode gerar resultados financeiros vantajosos em relação ao sistema tradicional de construção. (FONYAT, 2013). O SARAH Brasília está localizado na Asa Sul, no Plano Piloto e foi inaugurado em 1980.

Figura 41 – Hospital Sarah Kubitschek em Brasília



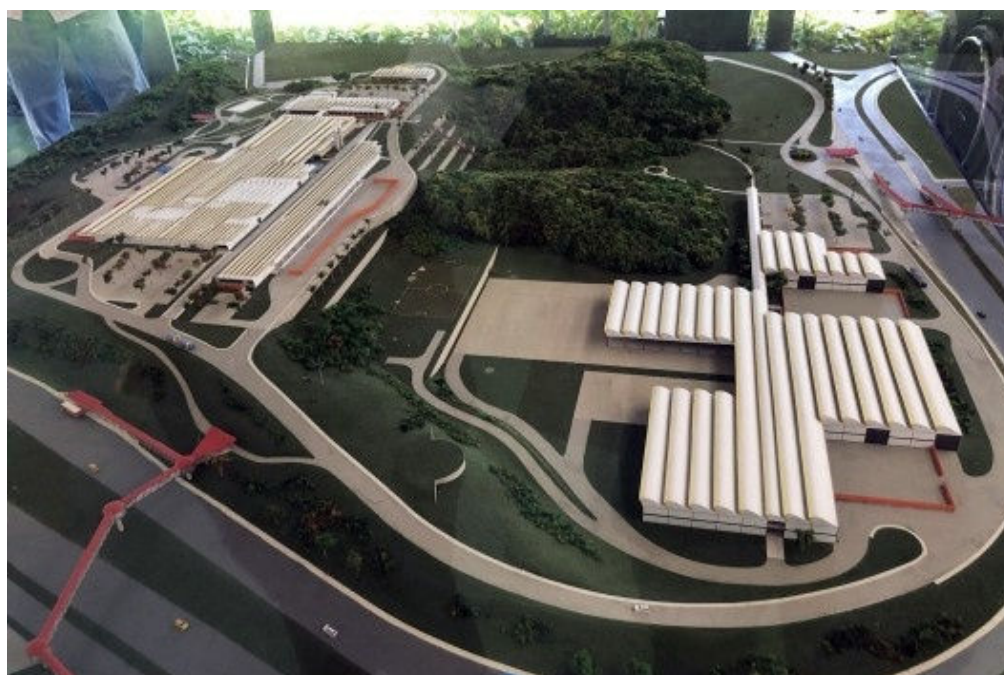
Fonte: FONYAT, 2013.

O Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS), que foi inaugurado em 1992 como núcleo de pesquisa e desenvolvimento de sistemas construtivos pré-fabricados aplicados na construção dos hospitais da Rede chegou ao ponto de fornecer peças para outros edifícios públicos, como Escolas, Tribunais de Contas e Tribunais Eleitorais em todo o país, provando seu sucesso (FONYAT, 2013). Embora tenha possuído essa importância, o CTRS foi desativado nos últimos anos e, atualmente, a Rede Sarah depende de serviços terceirizados para suprir suas demandas de infraestrutura, instalações e equipamentos (NETO et al., 2022).

O Hospital SARAH Salvador, na Bahia, inaugurado em 1994, outro exemplo dessa arquitetura com o uso de sistemas construtivos pré-fabricado. Atualmente, procede em quatro grandes áreas: Reabilitação Neurológica, Reabilitação Ortopédica, Reabilitação Infantil e Neuroreabilitação em Lesão Medular.

A sede deste hospital na capital baiana é um exemplo claro dos princípios de racionalidade e economia construtiva que permeiam os projetos de Lelé. A flexibilidade espacial do conjunto é aumentada pela modulação baseada em grade 625x625 mm presente na estrutura, pisos, molduras e painéis de vedação, todos pré-formados. Todos os componentes, desde estruturas, forros, luminárias e mobiliário, devem servir a um objetivo específico para o arquiteto, pois nenhum projeto é livre de definições. É comum que cada componente desempenhe mais de uma função. Por exemplo, cabeamentos podem passar através das vigas metálicas, e tubos de PVC podem passar através dos pilares para coletar as águas pluviais das calhas (NETO et al., 2022).

Figura 42 – Fotografia da maquete física do Hospital Sarah



Fonte: NETO et al., 2022.

A arquitetura brasileira também tem alguns exemplos de hospitais construídos totalmente com o Sistema Modular Volumétrico. Em geral, estabelecimentos menores que se anexam a alguma infraestrutura hospitalar existente. Alguns destes projetos para a saúde serão apresentados na sequência.

O Instituto Banco de Brasília (BRB), em parceria com a Secretaria de Saúde do Distrito Federal, foi responsável pela construção do **Hospital Modular Acoplado de Samambaia**, implantado nas imediações do Hospital Regional de Samambaia (HRSAM) pré-existente. O Banco investiu um recurso de R\$ 3 milhões para a construção de uma área de 1000 metros quadrados e foi equipado com 102 leitos exclusivos para pacientes com Covid-19. Organizada em dois pavimentos, a obra foi concluída em apenas 35 dias. (ARAÚJO e DE ALMEIDA, 2023)

Inaugurado em maio de 2021, o Hospital Modular Acoplado de Samambaia, conta com quatro salas específicas de isolamento e os demais se enquadram como enfermarias. Após a pandemia, o espaço se mantém a fim de atender outras necessidades do HRSAM. (BRASÍLIA, 2021a)

O hospital modular foi implantado em uma área adjacente ao Hospital Regional de Samambaia, onde antes havia um estacionamento. A nova unidade se interliga com o HRSAM por meio de uma passarela. A estrutura de sistema modular off-site foi fabricada na cidade de Tubarão, no Estado de Santa Catarina, e transportada ao Distrito Federal (BRASÍLIA, 2021b). Segundo Costa, 2021, a estimativa de custos total era de 14,5 milhões de reais. (COSTA, 2021).

Figura 43 – Construção do Hospital Modular Acoplado de Samambaia



Fonte: BRASÍLIA, 2021b.

Figura 44 – Módulos do Hospital Modular Acoplado de Samambaia



Fonte: BRASÍLIA, 2021b.

Foram cerca de 150 trabalhadores na obra que se dividiam entre a finalização da rampa de acesso para ambulâncias – construída na entrada no hospital acoplado – feita em ACM (material metálico usado em revestimento de fachadas) - e o paisagismo da área externa. (BRASÍLIA, 2021c).

Figura 45 – Montagem do segundo pavimento do Hospital Modular Acoplado de Samambaia



Fonte: BRASÍLIA, 2021c.

Enquanto uma construção normal levaria mais de 6 meses para ficar pronta, a modular não passa de 45 dias. “Este é o grande diferencial deste tipo de construção. O sistema modular garante a agilidade em momentos como este, que o maior foco é salvar vidas, garantir atendimento à população”, explicou o engenheiro responsável pela obra, Bruno Bertan da empresa Brasil ao Cubo. (BRASÍLIA, 2021c)

Quadro 2 – Hospital Modular Acoplado de Samambaia, Brasília, DF.

Hospital Modular Acoplado de Samambaia, Brasília, DF.		
Área	Ambientes	Módulos
18 quartos	14 enfermarias	62
	04 quartos de isolamento (individuais)	
26 sanitários	18 banheiros	
	08 sanitários	
Áreas de apoio	Posto de enfermagem	
	Sala de serviços	
	Sala de utilidades	
	Farmácia satélite	
	Rouparia	
	Copa de distribuição	
	Depósito de material de limpeza (DML)	
	Sanitários	
	Área técnica	
Circulações	Escada	
	Rampa	

Fonte: COSTA, 2021.

Localizado em São Paulo, **Ampliação do Hospital Israelita Albert Einstein, o Hospital M'Boi Mirim** marcou o início das operações hospitalares da Empresa Brasil ao Cubo. Trata-se de uma construtora brasileira atuante em todas as regiões do País com reconhecida atuação em otimização de projetos com o uso de sistemas modulares. Destinado ao tratamento de pacientes com COVID-19 pelo Sistema Único de Saúde (SUS), o prédio foi convertido em uma extensão do hospital atual após o término da pandemia. Com cem leitos equipados com todas as facilidades necessárias, a construção foi concluída em um impressionante prazo de apenas trinta e três dias. (DOS SANTOS, 2020).

De acordo com Ricardo Mateus, CEO e fundador da Brasil ao Cubo, as estruturas são criadas mediante a junção de várias seções, com dimensões máximas de 15,00m x 3,80m x 3,90m (comprimento, largura e altura). Entretanto, quando unidas, resultam em edificações imponentes, como o Centro de Treinamentos Ambev, com 2.250m², concluído pela empresa em março de 2020. Uma construção convencional leva, em média, quatro vezes mais tempo para ser concluída do que uma obra realizada pela Brasil ao Cubo. (ARQXP, 2020)

De fábrica, o padrão dos módulos é suportar mais 3 pavimentos acima do primeiro, mas, se necessário, pode ser previsto a verticalização de até 10 pavimentos com a tecnologia que a empresa possui. Tornando qualquer empreendimento mais dinâmico e menos engessado segundo Ricardo Mateus. (ARQXP, 2020)

Figura 46 – Fachada principal



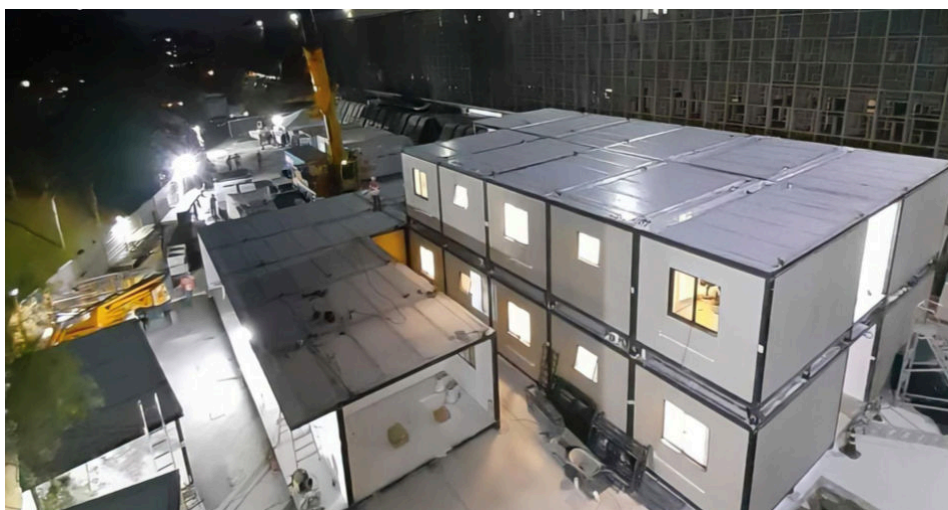
Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 47 – Instalação dos Módulos



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 48 – Instalação dos Módulos no conjunto.



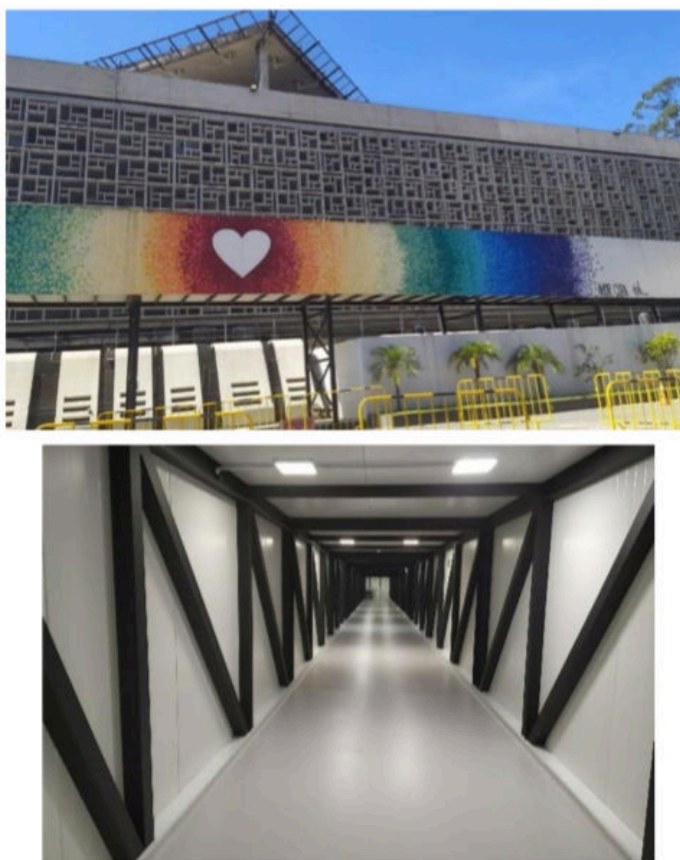
Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 49 – Enfermaria



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 50 – Passarela de conexão do hospital com o anexo e também a vista externa com a arte de grafite e interna com a estrutura aparente.



Fonte: CEZÁRIO, 2023.

O Hospital Independência, conforme já citado anteriormente, é um exemplo de um Estabelecimento Assistencial de saúde com o uso do Sistema Modular Volumétrico. Inaugurado em 15 de junho de 2020, trata-se de uma expansão, sendo que a nova edificação fica anexa ao Hospital Independência e localiza-se na cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul.

Nesse projeto modular com 842 metros quadrados foram utilizadas no total 50 unidades de módulos tridimensionais pela empresa Brasil ao Cubo, cuja fábrica fica em Tubarão, Santa Catarina. De acordo com Zorzi (et al., 2021), o período de execução foi de 30 dias. Destes 50 módulos, 38 correspondem aos quartos e 12 módulos foram utilizados para a rampa. O hospital recebeu 60 leitos, com um custo de R\$ 10,4 milhões, financiados pela iniciativa privada. Todos os tratamentos são realizados pelo Sistema Único de Saúde e a inauguração ocorreu em 15 de junho de 2020 (ZORZI et al, 2021)

Figura 51 – Fachada expansão Hospital Independência

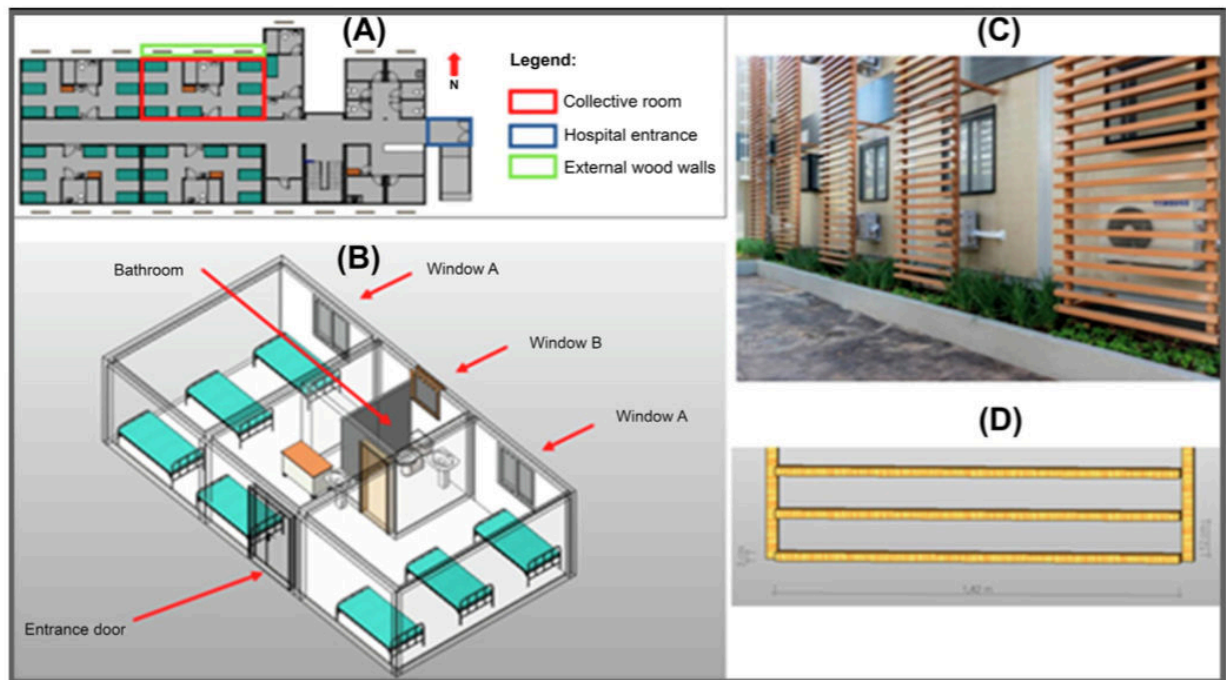


Fonte: TECVERDE, 2020.

Foram analisados por Zorzi (et al., 2021) os padrões de ventilação natural em um dos quartos compartilhados destinados ao tratamento de pacientes com COVID-19 deste hospital. Cada quarto possui uma área total de 47,3 metros quadrados, incluindo um banheiro de 6,83 metros quadrados. O ambiente possui duas janelas diferentes: janela A (1,20 x 1,20 m) e janela B (0,81 x 0,81 m). A estrutura de brise em madeira tem dimensões de 0,03 x 1,42 m, com intervalos de 0,12 m entre cada treliça.

Na figura a seguir (Figura 52), são apresentados o Layout interno do anexo do Hospital Independência, onde a letra (A) trata-se da projeção 3D paramétrica da sala selecionada para o estudo da ventilação interna, a letra (B) o layout interno da sala coletiva, a letra (C) a Vista da estrutura externa de brise em madeira e a letra (D) as dimensões do brise.

Figura 52 – Layout interno do Hospital Independência,



Fonte: ZORZI, 2022

Figura 53 – Acesso e rampa lateral



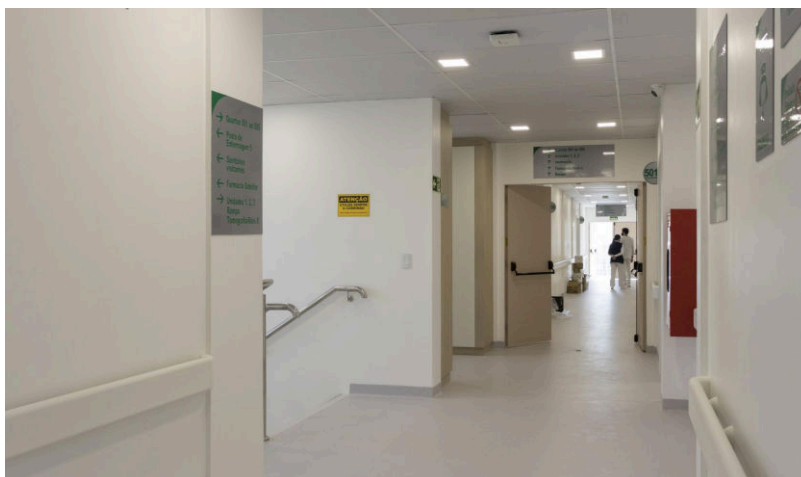
Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 54 – Enfermaria



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Figura 55 – Circulação no primeiro pavimento.



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar.

Posteriormente, **o Hospital de Retaguarda em São José dos Campos**, no estado de São Paulo, sendo o terceiro estabelecimento entregue, é composto por sessenta e sete módulos equipados com aproximadamente quarenta leitos, os quais foram concluídos em apenas quarenta e cinco dias. Após a pandemia, esse hospital foi transformado em um novo Pronto Socorro da região. (DOS SANTOS, 2020)

A abordagem modular de construção tem se mostrado eficiente ao atender a demanda social ao oferecer soluções e respostas às necessidades emergentes da população por meio de estruturas erguidas rapidamente, prezando pela qualidade estética, conforto e sustentabilidade proporcionados por esse sistema construtivo. (DOS SANTOS, 2020).

Os casos reais mencionados evidenciam o potencial da construção modular na rápida implementação de infraestruturas médicas. É crucial destacar a importância de estarmos preparados para eventuais pandemias que possam surgir no futuro. Portanto, continua necessário o desenvolvimento de unidades modulares com melhor desempenho global em termos de aspectos estruturais e não estruturais. (GATHEESHGAR et al., 2021).

Mais um exemplo de empreendimento que se utilizou do Sistema Modular Volumétrico é o **Hospital Modular de Piracicaba** localizado anexo à Unidade de Pronto Atendimento (UPA) Piracicamirim na Vila Prudente, em Piracicaba, São Paulo. Esta unidade de saúde teve sua inauguração em 20 de agosto de 2021. (TELES, 2021).

Esse hospital é fruto da parceria entre a empresa Fleximedical, especialista em customização de unidade móveis de saúde, como Carretas, Vans e Contêineres para ampliar o acesso à saúde, em conjunto com o Grupo Cesar, empresa de construção civil e logística. Originalmente foi desenvolvida para fornecer suporte a pacientes com Covid-19 e apresenta um modelo de enfermaria com suporte respiratório. (TELES, 2021).

Sua construção se deu em um prazo de 60 dias, onde 44 novos leitos foram erguidos, sendo 42 localizados em sete quartos coletivos e dois de isolamento – todos devidamente equipados e acessíveis. Além disso, a estrutura contou com três postos de enfermagem, uma farmácia, almoxarifado, sala de diluição, banheiros acessíveis ao público e funcionários (incluindo pessoas com deficiência), área de refeições para a equipe, dois depósitos de suprimentos e uma sala de utilidades. Vale ressaltar que, se tivesse sido construído de forma convencional em alvenaria, o hospital levaria aproximadamente três anos para ser concluído. (TELES, 2021). Portanto, mais um caso em que a agilidade de prazo de execução se fez presente.

Além dos hospitais apresentados, o Brasil possui outros exemplares de Hospitais construídos com o Sistema Modular Volumétrico pela empresa Brasil ao Cubo e empresas parceiras. Entre eles podemos citar:

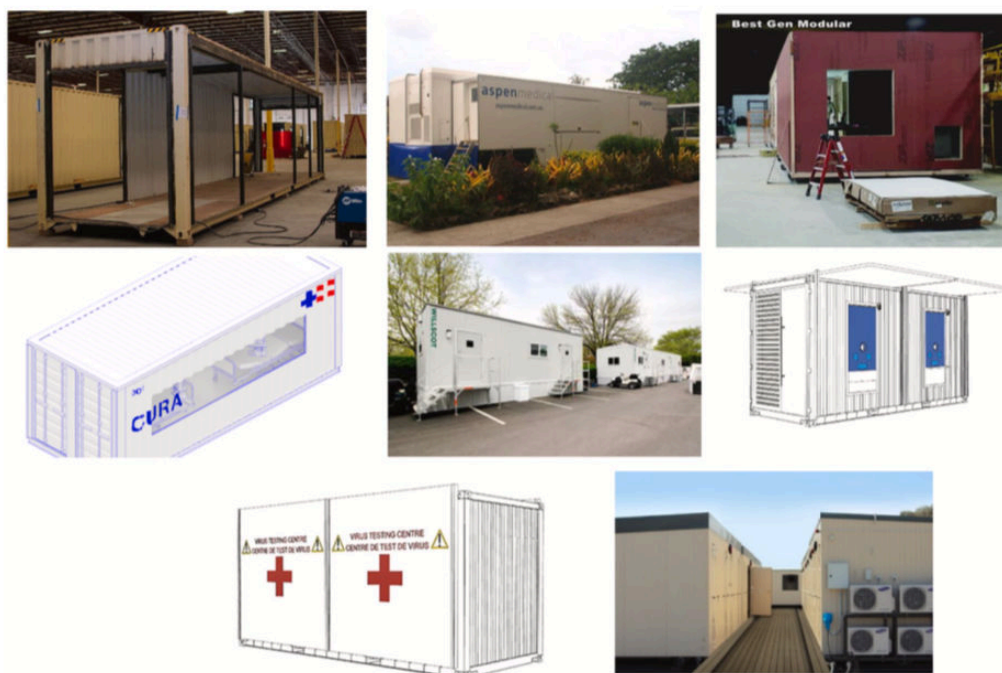
- O Hospital Regional de Ceilândia no Distrito Federal com 73 leitos;
- O Hospital Cemetrion em Porto Velho, Rondônia com 58 leitos
- O Hospital Municipal de São José dos Campos, São Paulo com 40 leitos;

2.3.3 Módulos

A construção modular surge como uma alternativa viável para resolver questões complexas do setor de saúde, uma vez que a implementação de infraestruturas rapidamente se torna inviável através dos métodos convencionais de construção, como o uso de tijolos, madeira e concreto. Nesse contexto, a abordagem modular se destaca como uma solução pronta para intervir. Por conseguinte, a utilização de edifícios modulares está cada vez mais sendo considerada em diversos países com o propósito de oferecer instalações para quarentena, enfermarias de isolamento, laboratórios de testes, áreas de repouso para profissionais de saúde, entre outras necessidades. Assim, a abordagem modular apresenta uma vantagem significativa para os sistemas de saúde em situações de crise (GATHEESHGAR et al., 2021).

Seguem alguns exemplos de módulos desenvolvidos (Fig.23) em diferentes países durante a pandemia da COVID-19.

Figura 56 – Exemplos de módulos.



Fonte: GATHEESHGAR et al., 2021.

Diante das pesquisas identificou-se alguns modelos adotados em hospitais e selecionou-se alguns deles pertinentes ao foco da pesquisa. A fim de organizar as informações obtidas de cada um dos 6 tipos a seguir optou-se por nomeá-los da seguinte forma:

Módulo Tridimensional Tipo STAAT Mod

No período pandêmico, muitos profissionais da indústria de arquitetura, engenharia e construção voltaram seu foco para a rápida entrega de instalações de saúde, para tratar os doentes e tentar evitar a propagação da pandemia, e grande parte desse trabalho concentrou-se em pontos críticos do coronavírus, como Nova Iorque, nos Estados Unidos, por exemplo. (RUSSELL, 2020). Prevendo uma demanda de 10 vezes o número de leitos disponíveis, o então governador de Nova Iorque, Andrew Cuomo, solicitou aos hospitais da cidade que encontrassem soluções para ampliar suas capacidades, aumentando em 50% o número de leitos (HARROUK, 2020).

Nessa fase, a Empresa Boldt Company, empreiteira da cidade de Appleton, localizada no estado americano de Minnesota surge pré-fabricando estruturas modulares, projetadas pela empresa HGA, que atendem à necessidade de velocidade sem os problemas de saneamento e ventilação de outros modelos da época (RUSSELL, 2020).

Segundo Gatheeshgar, tratava-se de um sistema hospitalar temporário criado para lidar com a capacidade máxima durante a crise do vírus. Capaz de fornecer ambientes de isolamento para tratar pacientes com infecções transmitidas pelo ar e possuidor de um sistema avançado de tratamento e filtragem de ar (GATHEESHGAR et al., 2021).

Então, a primeira unidade tridimensional apresentada à pesquisa trata-se da unidade modular projetada pela empresa HGA e fabricada pela empresa Boldt Company chamada de STAAT (Strategic Temporary, Acuity-Adaptable Treatment) Mod, podem ser entregues em um caminhão carreta padrão. Esse exemplar contém, conforme a imagem (Fig 55 (d)), dois quartos de pacientes prontos com acabamentos e um banheiro, além de infraestrutura médica e AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, a fim de atender aos padrões de pressão negativa para quartos de isolamento (RUSSELL, 2020).

Com uma concepção inovadora, o STAAT Mod está de acordo com os padrões de qualidade hospitalar e se trata de um módulo tridimensional naturalmente flexível para fornecer capacidade tradicional de internação ou cuidados mais intensivos, como é o caso do quarto de isolamento, proporcionando assim maior segurança para os pacientes e para a equipe de assistência (LERDAHL). As imagens do projeto do quarto de internação e da área de estar para a equipe podem ser observadas nas figuras 55 (b) e 55 (c).

Figura 57 – STAAT Mod

Figura (a) As unidades STAAT Mod podem ser conectadas entre si no local.



Fonte: RUSSELL, 2020.

Figura (b) - Perspectiva 3D do projeto



Fonte: LERDAHL.

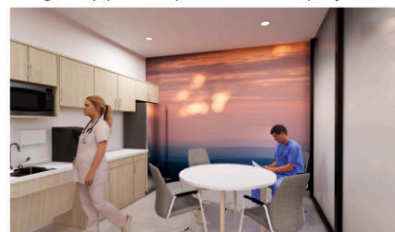
STAAT Mod

Figura (d)– Unidade STAAT Mod.



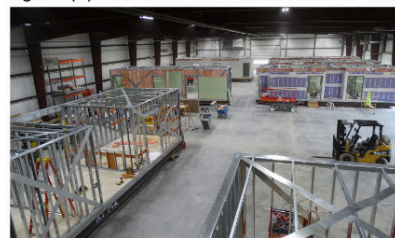
Fonte: LERDAHL.

Figura (c) - Perspectiva 3D do projeto



Fonte: LERDAHL.

Figura (e)- Módulos tridimensionais na fábrica



Fonte: LERDAHL.

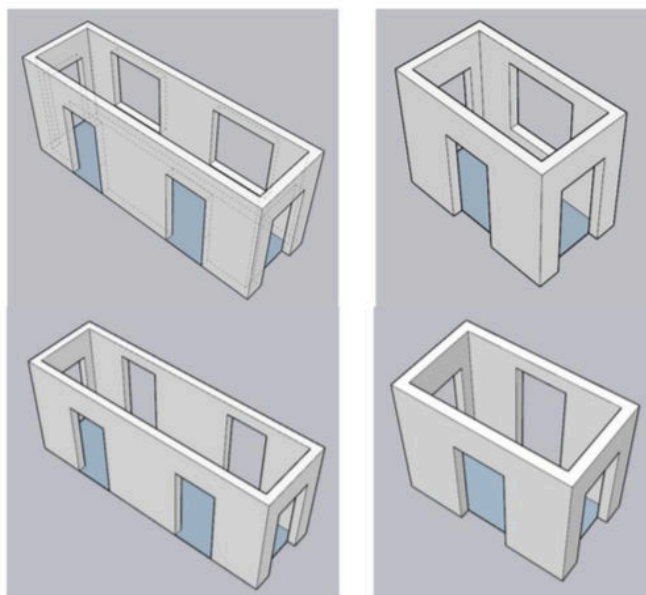
Módulo Tridimensional Tipo corredor – modelo 1

Essa pesquisa, que aborda mais dois modelos apresentados através dos autores Borodeyko e Khvatynetc (2021), analisou a construção de hospitais durante a pandemia COVID-19 e, com base nisso, estabeleceu tipos de módulos a fim de verificar as suas variações e suas posteriores combinações. Segundo os autores, o mais eficaz é planejar uma estrutura tipo corredor, na qual um corredor percorre todo o edifício e os quartos estão localizados em um ou dois lados. Nesse sentido, foi proposto o uso dos seguintes módulos:

O primeiro tipo principal de módulo projetado para ser utilizado em ambientes tipo corredor está ilustrado a seguir (fig. 58). Dentro deste mesmo tipo de módulo os autores propõem a utilização de quatro tipos principais de variações. Dois módulos, nos quais de um lado têm portas para acessar outras salas e do outro lado aberturas para janelas (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

Nesse tipo há também uma variação de um modelo de módulo com portas em ambos os lados, e outro quando os ambientes estão localizados em ambos os lados do corredor. Todos os módulos de corredor possuem aberturas de porta em suas extremidades para passagem. O comprimento dos módulos é de dois tipos 3,0 m e 6,0 m, respectivamente, projetados para interface com um ou dois módulos para pacientes infectados e a altura de todos os módulos é de 2,80 m (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

Figura 58 – Módulos para ambientes de corredor

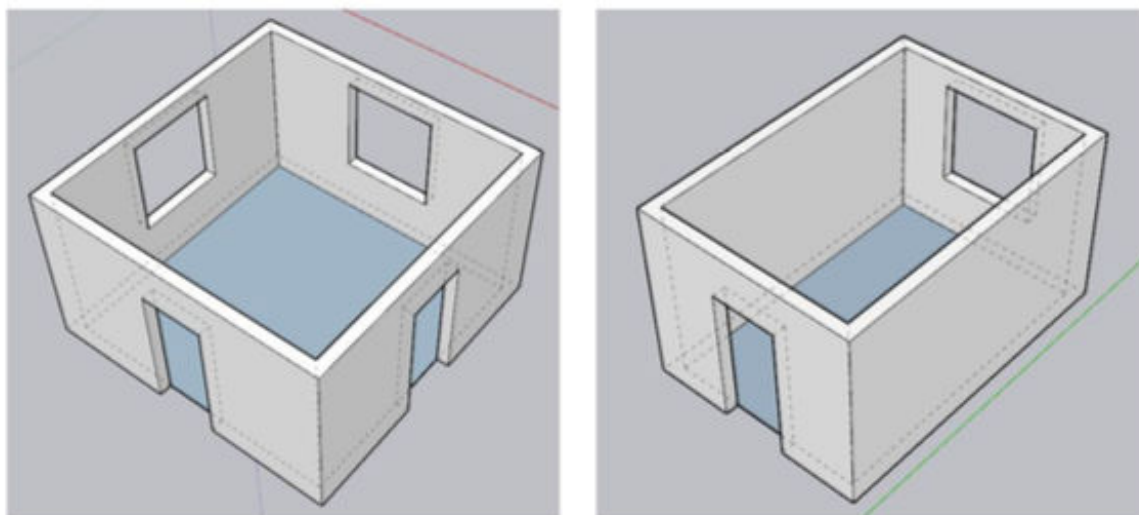


Fonte: BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021.

Módulo Tridimensional Tipo corredor – modelo 2

O segundo tipo principal de módulos projetado considerado foi o para acomodar pacientes infectados, os famosos quartos de isolamentos muito utilizados durante a pandemia COVID-19. Esse modelo também é destinado a equipamentos e acomodação da equipe (fig. 59). Tais módulos são subdivididos em canto e privado. A largura de um privado é de 3,0 m, e o comprimento é de 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m, dependendo do número de camas necessárias e de acordo com as características tecnológicas para a colocação de equipamentos hospitalares. As dimensões do modelo do módulo de canto são 3,0x3,0m e 1,5x1,5m (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

Figura 59 – Módulos para acomodar os infectados



Fonte: BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021.

Na construção de instalações de saúde para vírus respiratórios, a ventilação requer atenção extra. Geralmente, três tipos de ventilação podem ser integrados na construção hospitalar: ventilação natural, ventilação mecânica e sistemas de ventilação mista (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021). Nesse sentido, a atual pesquisa não irá analisar tais aspectos em virtude da sua extensão, podendo fazer parte de temática em periódicos futuros.

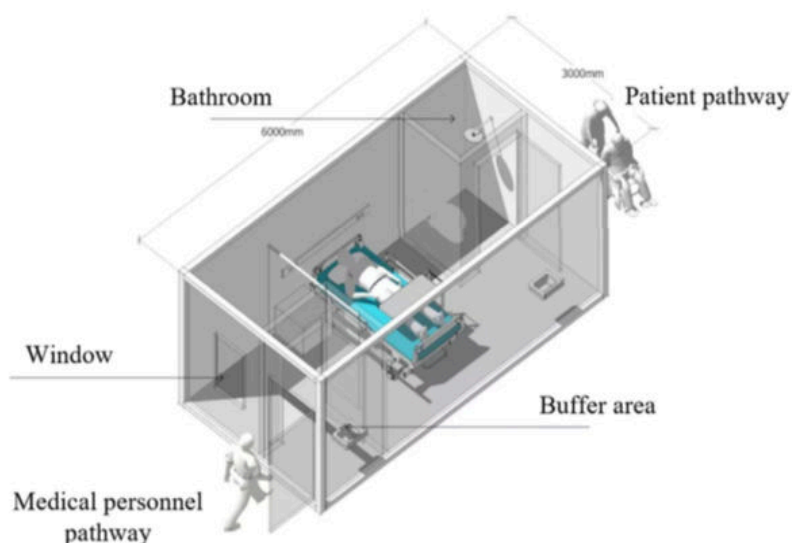
Módulo Tridimensional Tipo Instituto de Design Arquitetônico Centro-Sul (CSADI)

O quarto tipo de módulo verificado nas pesquisas trata-se do módulo desenvolvido para o caso do hospital Leishenshan construído na China durante a pandemia COVID-19, o qual já foi apresentado nesta pesquisa,. Segundo o autor Luo (et al. 2020) adotou-se o projeto modular que dividiu todo o hospital em unidades pré-fabricadas individuais do tipo contêiner definidos para a internação do tipo de isolamento. Quanto aos fechamentos, as paredes desse módulo foram confeccionadas com um painel tipo sanduíche de vidro de aço de tamanho duplo e o esqueleto executado com componentes de aço galvanizado que eram conectados por parafusos (LUO et al., 2020).

O conjunto modular de tratamento médico era composta por mais de três mil unidades pré-fabricadas deste tipo de módulo e cada unidade possuía um tamanho padrão de 6 m × 3 m × 2,6 m ou 6 m × 2 m × 2,6 m (LUO et al., 2020).

Na figura a seguir (Figura 60) observa-se o projeto modular desta unidade tridimensional de internação realizado pelo Instituto de Design Arquitetônico Centro-Sul (Central-South Architectural Design Institute - CSADI) na qual é possível verificar as dimensões de 3,0 x 6,0 m, o layout proposto com uma área de antecâmara (Buffer área), o posicionamento de uma janela (window), uma área de banheiro (bathroom) e a identificação dos dois eixos de circulação do paciente (patient pathway) e da equipe médica (medical personnel pathway).

Figura 60 – Ilustração de circulações para pacientes e pessoal médico. (Fornecido pela CSADI.)



Fonte: LUO et al., 2020.

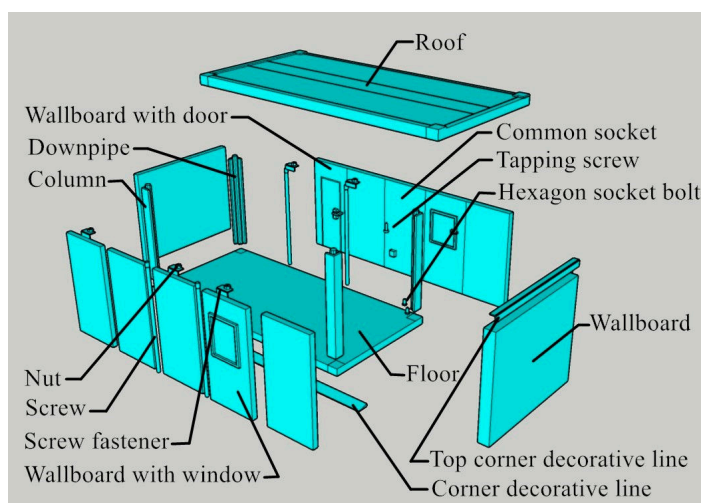
Módulo Tridimensional Tipo Módulo Básico ou Multimódulo

Conforme o levantamento do autor Chen (et al., 2022), os principais formatos disponíveis para aquisição são dois tipos de módulos básicos ou multimódulos: 3,0 x 6,0 x 2,9 m e 2,0 x 6,0 x 2,9 m. O projeto de construção segue um modelo padronizado com base nessa condição. Cada unidade pode ser dividida em duas unidades básicas, o submúltiplo, que podem ser organizadas e combinadas conforme necessário. A altura do módulo é de 2,90 m e sua estrutura engloba piso, parede, teto, tubulações de equipamentos e peças internas.

Além disso, o módulo é um corpo tridimensional funcionalmente integrado para cumprir com diferentes funções de construção, além dos requisitos de elevação e transporte. O módulo básico tridimensional é composto por placas pré-fabricadas e colunas de aço pré-fabricadas, sendo as placas no tamanho de 3 m x 6 m e as colunas de aço em formato de ângulos "L" com altura de 3 m. A conexão é feita por parafusos que unem ganchos e placas pré-fabricadas (CHEN et al., 2022).

A ilustração a seguir mostra o esquema de decomposição da configuração do módulo da unidade box. A empresa fabricante de pré-fabricados produz e extrai os itens conforme o esquema de processamento. Uma vez que os requisitos de construção estejam disponíveis, as peças são levadas ao local de montagem. Vários processos de produção são transferidos para a fábrica visando à padronização, especialização e mecanização industrial, revolucionando o método convencional de construção da indústria, melhorando o desempenho, reduzindo o desperdício de materiais e diminuindo as emissões no local (CHEN et al., 2022).

Figura 61 – Componentes da unidade modular.



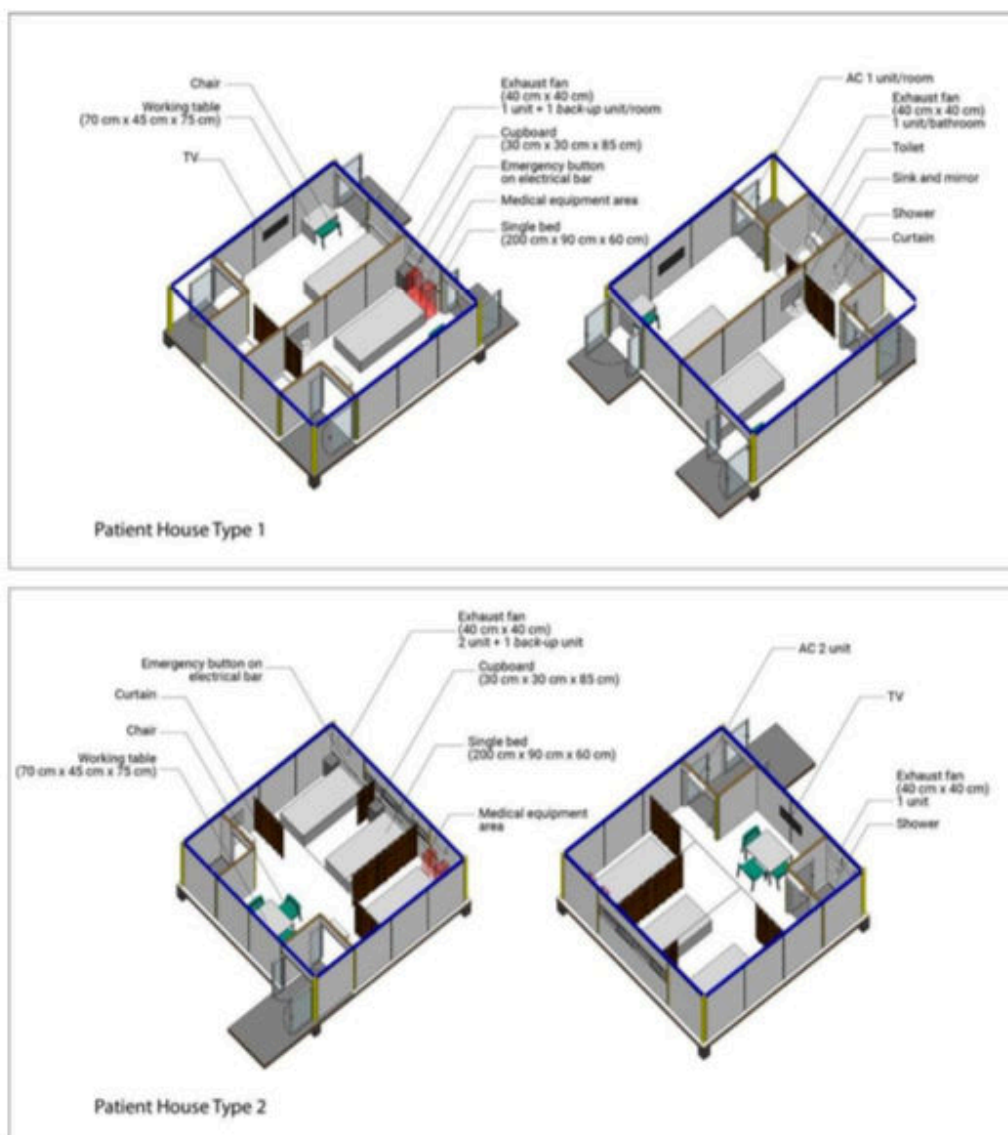
Fonte: CHEN et al., 2022.

Módulo Tridimensional Tipo Isolamento

O autor Yatmo et al (2021) realizou um estudo onde propõem a concepção de espaços de isolamento adaptáveis. A partir disso, surgiu um conjunto de projetos para unidades modulares de isolamento, denominadas Isolation Recovery House (IRH). O IRH é composto por sete unidades, nomeadas Casa do paciente Tipo 1, Casa do paciente Tipo 2, Casa do paciente Tipo 3, Casa da equipe de Saúde, Casa da Coordenação de Saúde, um corredor e instalações sanitárias (como unidade contínua à Casa do paciente tipo 3). (YATMO et al., 2021)

Logo, seguem as ilustrações da casa do paciente tipo 1 e tipo 2.

Figura 62 – Unidades modulares de isolamento para pacientes com condições leves a moderadas para a pandemia de COVID-19.



Fonte: YATMO et al., 2021.

Lawson (et al., 2014) estabelece alguns padrões geométricos que podem ser utilizados para o projeto conceitual de edifícios modulares:

- Largura da parede de 300 mm para paredes de divisões internas e paredes externas;
- Profundidade do piso de 450 mm para a profundidade combinada de piso e teto em sistemas de construção modulares e híbridos;
- Profundidade do piso de 600 a 750 mm para módulos apoiados em cantos;
- Dimensões internas de planejamento baseadas em 600 mm (portanto, 3 ou 3,6 m é a largura interna preferida modular);
- Alturas piso-teto baseadas em 2,4 m para edifícios residenciais e 2,7 ou 3 m para edifícios comerciais, de saúde ou educacionais.

E conclui que a tendência é que a largura e o comprimento do ambiente se definam em função do seu uso. Especificamente para o setor de saúde, Lawson (et al., 2014) dita a largura usual de 3,6m a 4,0m e o comprimento de 10 m a 12 m.

No decorrer das pesquisas bibliográficas, reuniu-se as principais dimensões vistas dos módulos de EAS conforme relacionado no quadro abaixo (Quadro 3).

Quadro 3 – Dimensões encontradas nos módulos tridimensionais

Dimensões vistas (largura x comprimento x altura) metros	Observações	Referência Bibliográfica
1,5 m x 3, 0 x 2,8	Módulo tipo corredor	Borodeyko e Khvatynets, 2021
1,5 m x 6,0 x 2,8	Módulo tipo corredor	Borodeyko e Khvatynets, 2021
1,5 x 1,5 3,0 x 3,0	Módulo Tipo canto (pacientes infectados)	Borodeyko e Khvatynets, 2021
3,0 x 3,0 3,0 x 4,5 3,0 x 6,0	Módulo Tipo privado (pacientes infectados)	Borodeyko e Khvatynets, 2021
2,0 x 6,0 x 2,6 3,0 x 6,0 x 2,6	Hospital Leishenshan	Luo et al., 2020.
2,0 x 6,0 x 2,9 3,0 x 6,0 x 2,9	Classifica em Dois Tipos	chen et al., 2022.
3,0 x 6,0 Dimensões aproximadas do conjunto de 6,0 x 6,0	Conjunto combinado de dois módulos.	Yatmo et al., 2021

Fonte: Elaborado pela autora baseado nas informações coletadas.

Por fim, considerando essas informações coletadas e demais aspectos referentes ao módulo tridimensional adotou-se as diretrizes dos módulos como referência para a elaboração do método.

2.3.4 Orientações para combinações

Durante as investigações acerca da temática desta pesquisa, atentou-se que são inúmeras as possibilidades de arranjos com os módulos básicos ou multimódulos e com os incrementos submodulares (divisões do módulo básico). Neste estudo, considera-se que os módulos nomeados módulo básico, multimódulo e incremento submodular servem como unidades de medida de piso, para então formar um módulo volumétrico tridimensional.

Todavia, para que seja plausível tal combinação, alguns aspectos são importantes para melhor compreensão e posterior aplicação do método, conforme será aprofundado no próximo capítulo.

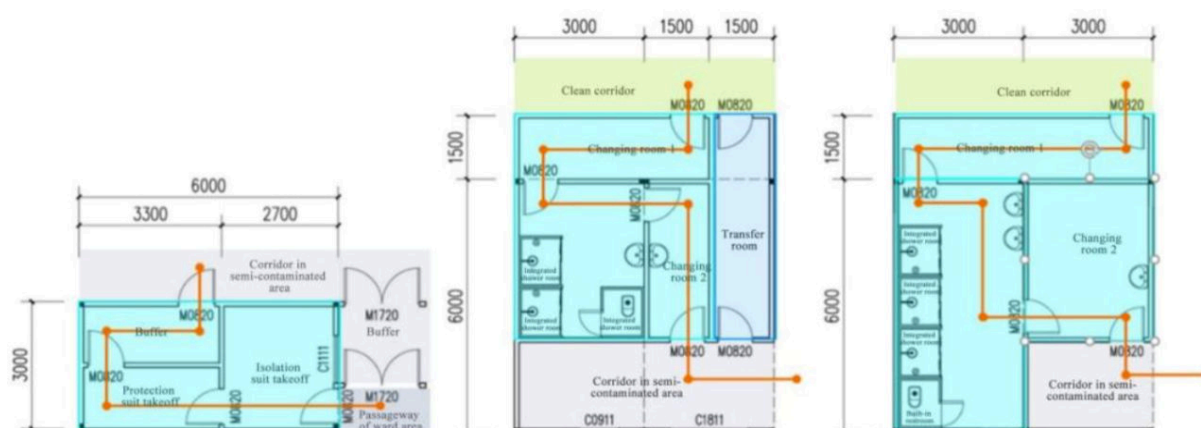
Os parâmetros observados e considerados relevantes para o projeto modular de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) são: fluxos, zoneamentos, circulações, internação e projetos modulares de edifícios.

1) Fluxos

Fluxos interfuncionais: os que ocorrem dentro de uma só unidade funcional. Eles são divididos em dois tipos: fluxos contaminados e fluxos sem riscos de contaminação (ELIZALDE e GOMES, 2009).

Ao planejar a construção ou reforma de um hospital específico, é necessário tomar muito cuidado para evitar problemas ambientais como contaminação por proximidade de áreas funcionais ou até mesmo fluxos de materiais contaminados. Portanto, a flexibilidade, o fluxo, a setorização e a circulação devem ser considerados no planejamento arquitetônico (ELIZALDE e GOMES, 2009).

Figura 63 – Fluxos conectando diferentes áreas.



Fonte: WEN-TAO e SONG-MIN

Na unidade da Central de Material Esterilizado (CME), por exemplo, existem os fluxos interfuncionais que devem ser ponto de partida no estudo inicial do projeto arquitetônico, pois essa unidade funcional contém ambientes que fazem parte do setor sujo e outros do setor limpo. Portanto, senão respeitados os fluxos levam ao risco de infecções aos funcionários expostos na manipulação dos materiais contaminados. Essa unidade foi objeto de estudo na aplicação do método devido à recorrente demanda.

2) Zoneamentos

Os partidos arquitetônicos horizontais adotados em Estabelecimentos de Assistência à Saúde geralmente seguem a abordagem pavilhonar ou em blocos com interligações de circulação (CARVALHO, 2004), soluções amplamente presentes nos exemplos dos hospitais militares que foram analisados. Os hospitais com o partido pavilhonar foram duramente criticados no início do século XX por requererem vastas áreas para construção e demandarem longas distâncias a serem percorridas pelo pessoal de saúde, manutenção e instalações. No entanto, o arquiteto Lele demonstra que o partido pavilhonar pode representar a melhor opção quando se considera o bem-estar dos usuários (pacientes, médicos, funcionários), transformando o edifício em um ambiente de cura. (NETO et al., 2022).

Carvalho (2004) complementa ainda que a dimensão e a complexidade das unidades hospitalares incluem inúmeros serviços diferentes e muitas vezes até conflitantes, a ponto de se considerar que as soluções propostas de implantação passam, irremediavelmente, por cuidados muito parecidos ao de estruturação de uma pequena cidade. Um zoneamento dos tipos de usos, por exemplo, é uma tarefa imprescindível.

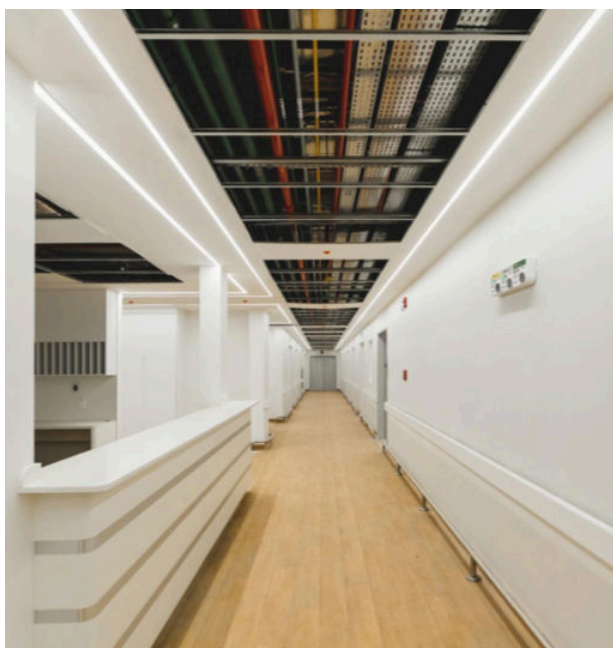
Mesmo em períodos não pandêmicos os zoneamentos funcionais devem seguir os mesmos critérios normativos e até mesmo se utilizar desta experiência deste período, aplicando layouts eficientes que obtiveram bons resultados nas referências estudadas.

3) Circulações

Um fator importante para a coordenação modular é a largura das áreas de circulação. A determinação precisa das larguras livres de circulação é frequentemente dificultada pela escolha do multimódulo. Existe preocupação em evitar o excesso de área e respeitar os padrões e leis mínimos aplicáveis (CRESPO, 2017).

Além da sua largura mínima e a escolha do tipo de módulo a ser utilizado, é importante ressaltar que são pelas circulações que normalmente transitam forros de instalações diversas tais como rede de gases, elétrica, lógica, etc. Na figura a seguir (Figura 64) é possível visualizar esta questão.

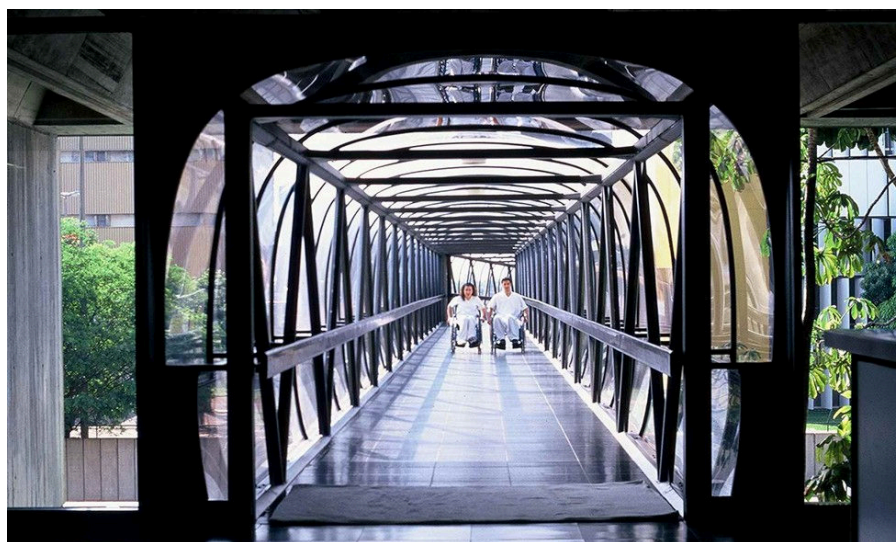
Figura 64 – Circulação Hospital Modular



Fonte: BRASIL AO CUBO, Portfólio Hospitalar. Hospital Albert Einstein Morumbi

Na figura a seguir (Figura 65) é possível verificar que em circulações que pertencem aos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, além das questões normativas, é preciso também pensar em diversas situações que envolvem os pacientes com baixa mobilidade.

Figura 65 – Passarela Hospital Rede SARAH, Brasília.

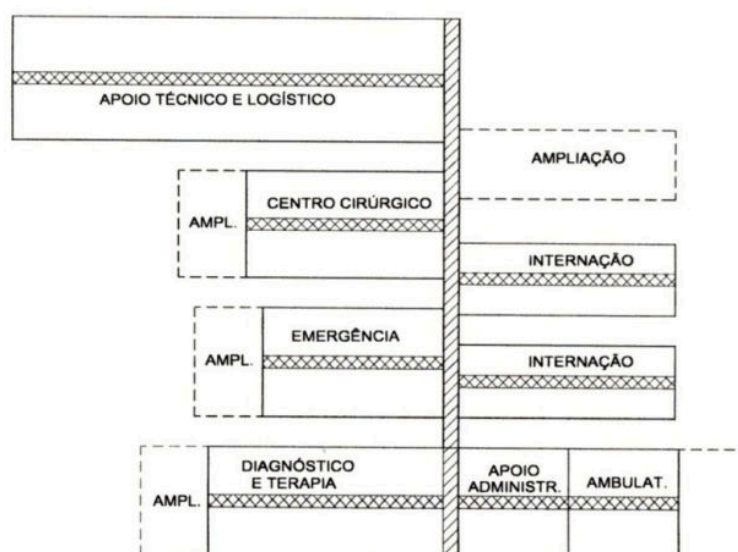


Fonte: www.sarah.br/a-rede-SARAH/nossas-unidades/unidade-brasilia/

Segundo carvalho (2004) as linhas de deslocamento mais relevantes a serem destacadas em um hospital são: pacientes externos, pacientes internos, visitantes ou acompanhantes, funcionários de apoio, equipe médica e paramédico, Suprimentos e remoção de resíduos e cadáveres. Com o intuito de tornar mais funcional a circulação, o autor apresenta alguns padrões de distribuição espacial, entretanto, ressalta que são infinitas as combinações possíveis. (CARVALHO, 2004).

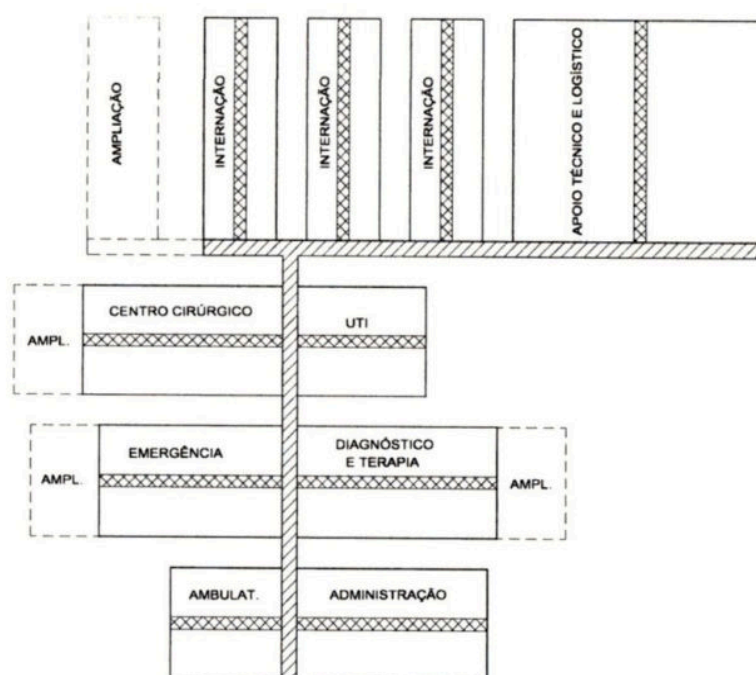
O primeiro e mais simples é o Corredor Único, onde há uma via principal, na qual todas as demais vias de cada unidade desembocam. O segundo padrão é uma solução em “T”, onde as distâncias são minimizadas pela colocação equidistante de unidades em relação ao corredor principal. No caso do terceiro modelo, a via principal é dupla, com o objetivo de separar os fluxos. E, por fim, o quarto padrão trata-se da adoção de circulações secundárias, ligadas a uma via principal, muito utilizada em hospitais de médio e grande porte, onde se assegura ainda mais essa divisão de fluxos. (CARVALHO, 2004).

Figura 66 – Corredor único



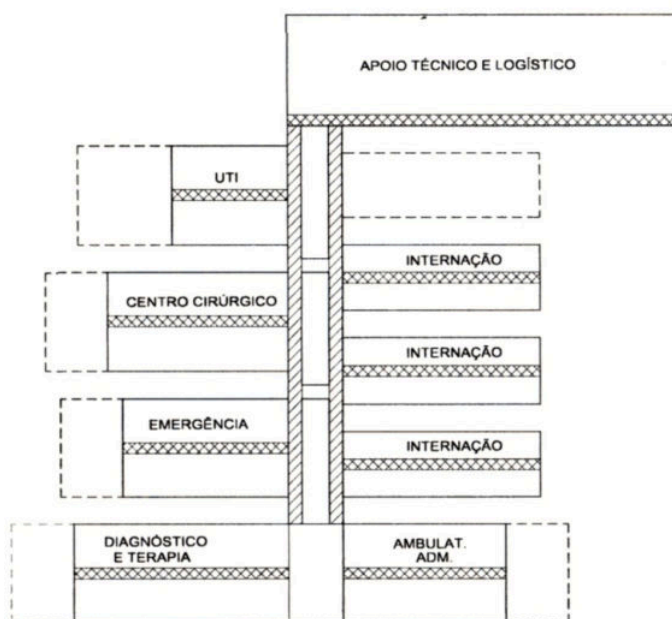
Fonte: CARVALHO, 2004.

Figura 67 – Solução em "T"



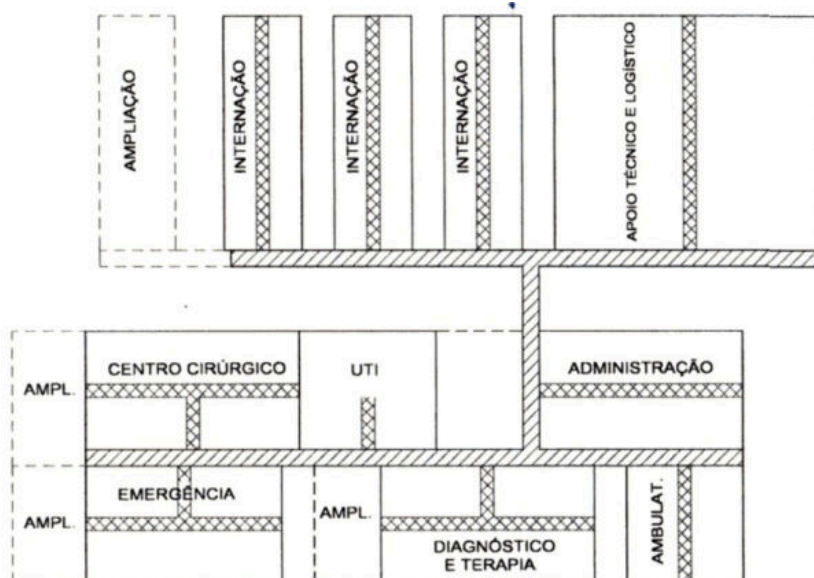
Fonte: CARVALHO, 2004.

Figura 68 – Corredor Duplo



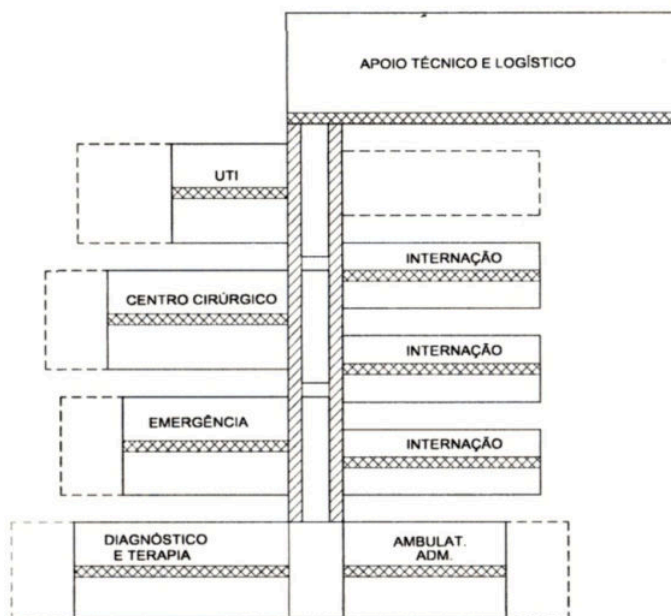
Fonte: CARVALHO, 2004.

Figura 69 – Circulações secundárias



Fonte: CARVALHO, 2004.

Figura 70 – Variações do corredor único.



Fonte: CARVALHO, 2004.

4) Internação

A finalidade do quarto de internação é determinada pela necessidade de prestar e documentar a assistência médica diária. Seu objetivo é oferecer condições de internação, tanto individuais como coletivas, de acordo com as diversas características dos pacientes, como a doença, idade, sexo e nível de cuidados necessários. É importante destacar que, atualmente no Brasil, os tipos de quartos mais comuns nos hospitais incluem quartos individuais, quartos duplos e enfermarias (DE ANDRADE, 2016). As enfermarias possuem de 3 a 6 leitos conforme estabelecido na RDC nº 50 (ANVISA, 2002).

Atualmente, os quartos de internação individuais são considerados essenciais para um atendimento de saúde de alta qualidade, principalmente no contexto do conceito de quarto universal, que permite que os pacientes recebam todos os cuidados necessários em um mesmo ambiente sem ter que se mudar para outra unidade funcional (DE ANDRADE, 2016).

Embora a arquitetura pré-fabricada ofereça vantagens da industrialização, sua produção pode resultar em repetição e padronização, resultando em construções muito iguais (TERIBELE, 2016). Em contraponto, a construção modular é mais eficiente quando utilizada para um grande número de unidades idênticas, como pode ser encontrado em apartamentos (MUSA et al., 2016).

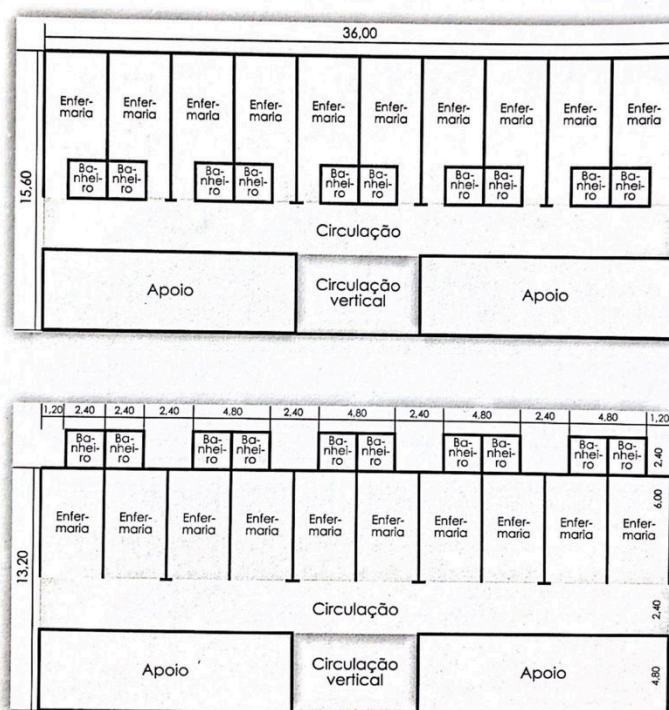
Esse tipo de unidade, por se tratar de vários ambientes iguais, possui como característica, a repetição. Segundo Maciel (2013), esse tipo de partido arquitetônico, por princípio, tende a gerar economia de escala, tanto pelo espelhamento de unidades, como pela adoção do pavimento tipo. Contudo, raramente se encontram aplicados os princípios de coordenação modular, o que efetivamente contribuiria para a racionalização de processos construtivos (MACIEL, 2013).

Sendo assim, no caso dos hospitais ou unidades funcionais internas dos hospitais esse aspecto pode ser extremamente vantajoso. O caso da unidade funcional de internação, portanto, é um exemplo.

Trata-se de uma unidade que, além de proporcionar um direcionamento da configuração espacial de várias outras unidades do hospital, também está relacionada de forma direta ao número mínimo de salas cirúrgicas (01 sala a cada 50 leitos de internação não especializados), aos leitos de UTI (6% da quantidade de leitos de internação do EAS), e à dimensão da lavanderia que está condicionada à quantidade de roupas a ser processada e que é diretamente ligada a quantidade de leitos da internação (COSTA, 2014).

Quando se tem a colocação dos quartos ou enfermarias apenas de um lado, que é conhecida como corredor simplesmente carregado, o comprimento da circulação torna-se maior quando o número de leitos total alcança o módulo máximo de 25 ou 30 leitos por unidade de internação. Tem-se, no entanto, mais áreas para a colocação do apoio, que fica em situação estratégica, relativamente aos leitos. (BRASIL, 2013).

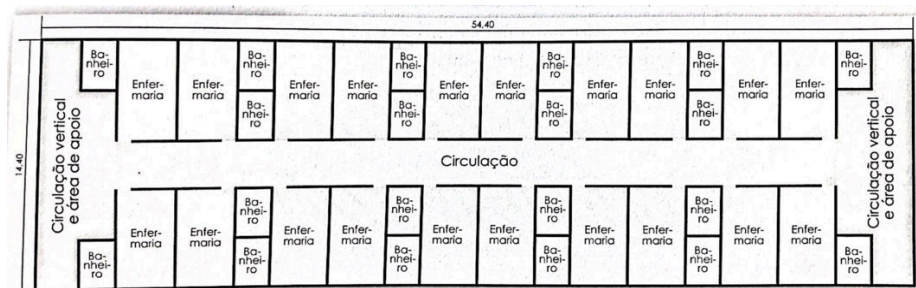
Figura 71 – Corredor simplesmente carregado em duas versões.



Fonte: GÓES, 2004.

Já o corredor duplamente carregado é quando as enfermarias e apartamentos localizam-se em ambos os lados do corredor e as funções de apoio e circulações verticais são colocadas na lateral do lado menor da unidade de internação. (GÓES, 2004).

Figura 72 – Corredor duplamente carregado

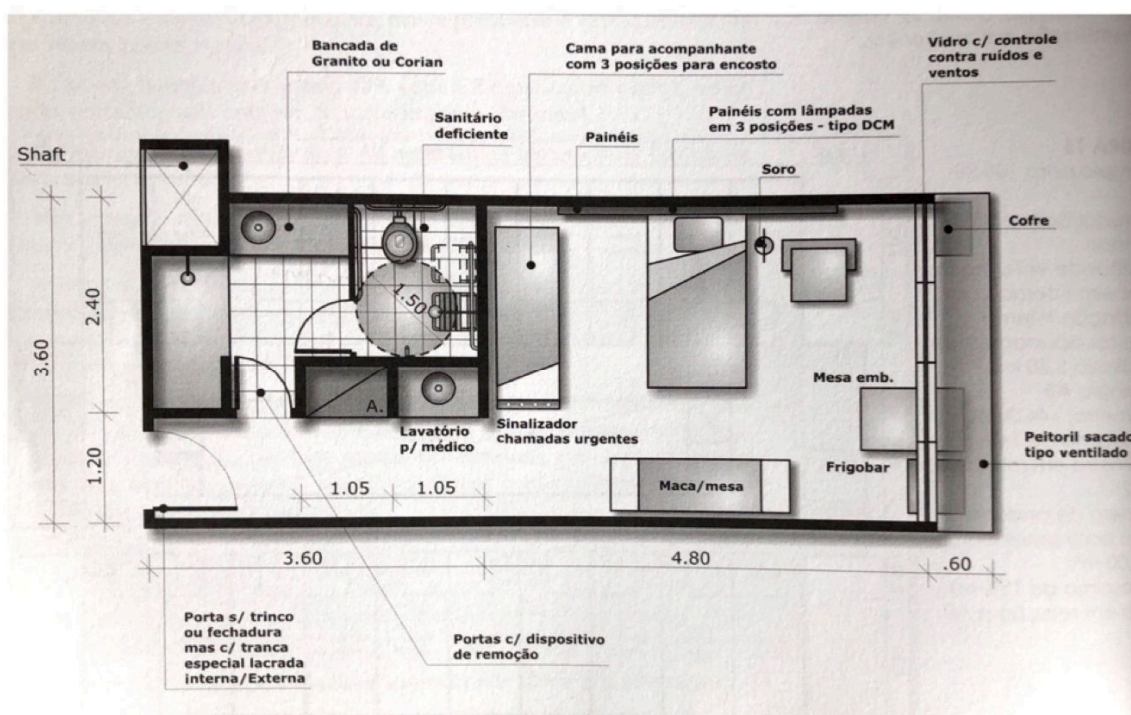


Fonte: GÓES, 2004.

O SOMASUS (BRASIL, 2011), que trata especificamente da programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde, afirma que as tipologias arquitetônicas de uma unidade de internação estão ligadas ao posicionamento de leitos e ao apoio e o corredor duplamente carregado é a forma mais utilizada (BRASIL, 2013).

Exemplo de solução muito utilizada na figura (Figura 73) a seguir de forma a ampliar os conhecimentos na etapa seguinte, pois no capítulo da metodologia verifica-se esta tipologia junto ao módulo de um quarto de internação desenvolvido na aplicação do método neste estudo.

Figura 73 – Apartamento padrão Hospital Albert Einstein, São Paulo, 1997.

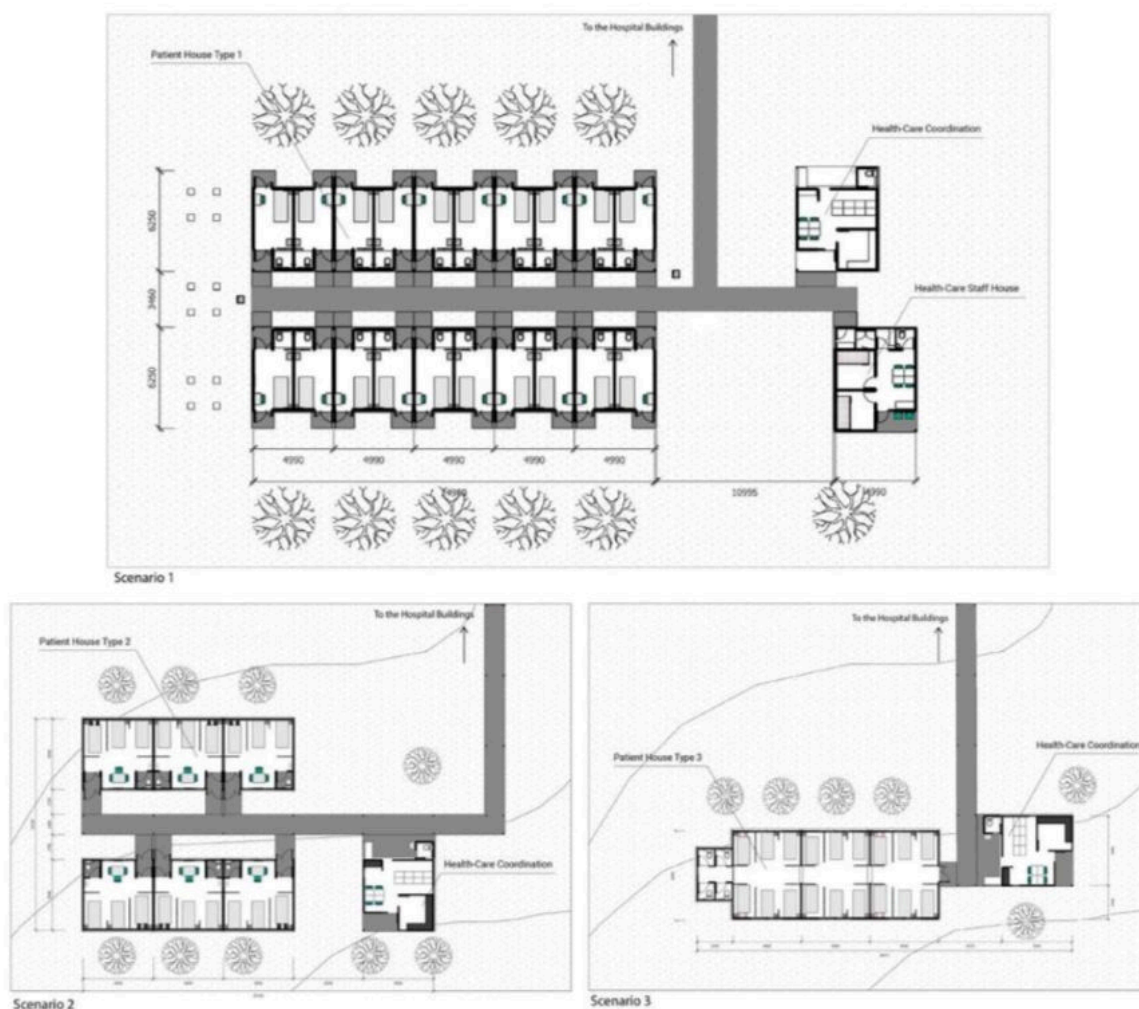


Fonte: GÓES, 2004.

A utilização da modulação colabora para o incremento da replicação dos elementos e para a produção em série. Devido ao fato de estabelecer uma medida padrão à qual os demais elementos devem se basear, seja como múltiplos ou submúltiplos, restringe-se as variações de tamanho para um mesmo elemento construtivo (CARVALHO e TAVARES, 2002). Áreas de unidades funcionais de apoio e logística também podem ser beneficiadas por estas características, tais como vestiários e almoxarifados.

Yatmo (et al., 2021) depois de projetar o sistema IRH, já citado anteriormente, buscou estudar possíveis cenários para a sua implementação. Então, planejou três tipos de unidades de casa do paciente a fim de aumentar a variedade de possibilidades de configuração do conjunto. Segundo Yatmo, tais unidades permitiriam que o hospital escolhesse e combinasse os tipos de unidades a serem instaladas como uma forma de estender as suas próprias instalações hospitalares existentes. Tudo isso, com objetivo de atender a vários cenários de implementação, conforme ilustrado na Figura a seguir (Figura 74).

Figura 74 – Cenários alternativos de implementação do IRH.



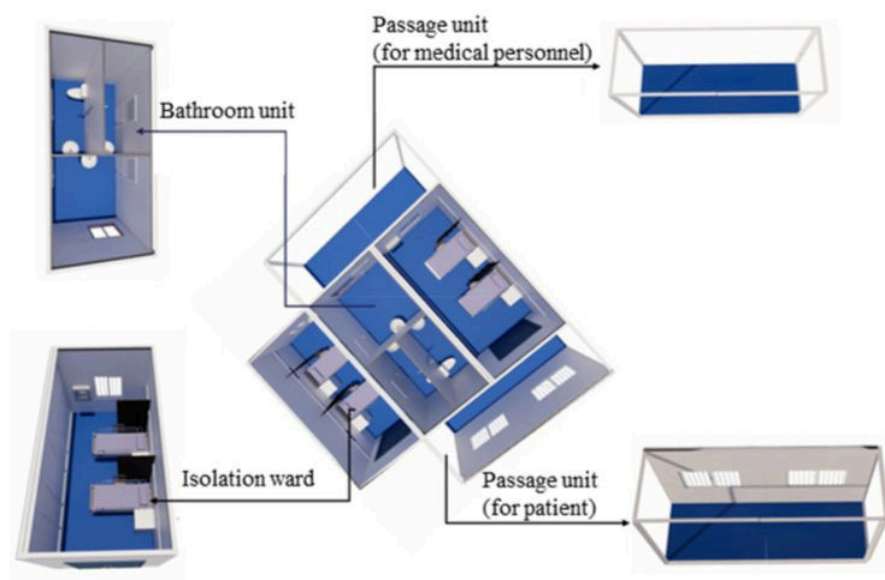
Fonte: YATMO et al., 2021.

5) Projetos Modulares de edifícios

Nesse ponto da pesquisa, após observar diferentes tipos de módulos, é possível verificar combinações ao se agrupar os módulos em pequenos conjuntos. Além disso, é possível identificar qual o tipo de diagramação do layout está presente nos conjuntos de construções modulares hospitalares.

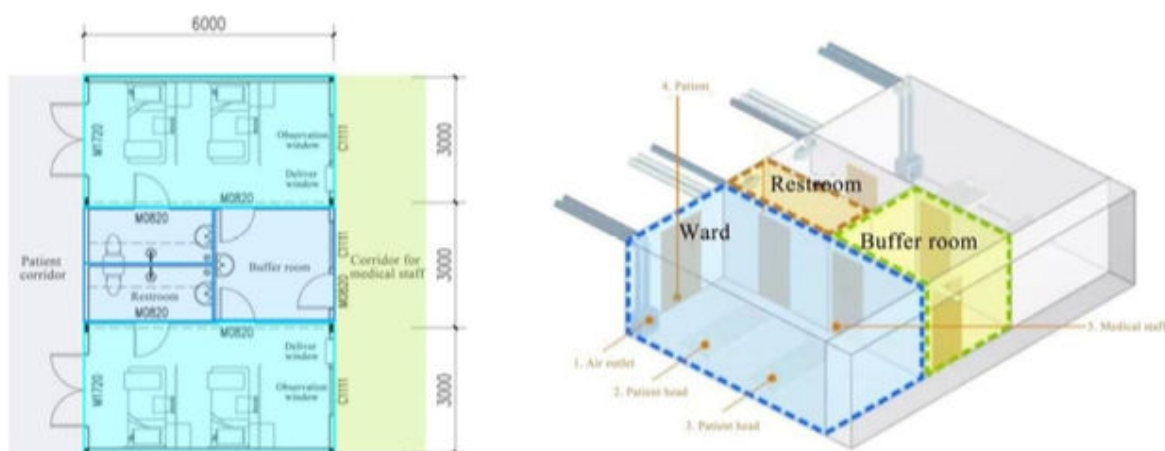
A primeira ilustração refere-se ao conjunto de módulo utilizado no projeto do Hospital Leishenshan citado anteriormente no tópico que trata dos hospitais no exterior.

Figura 75 – Projeto modular adotado para o Hospital Leishenshan. (Fornecido pela CSADI.)



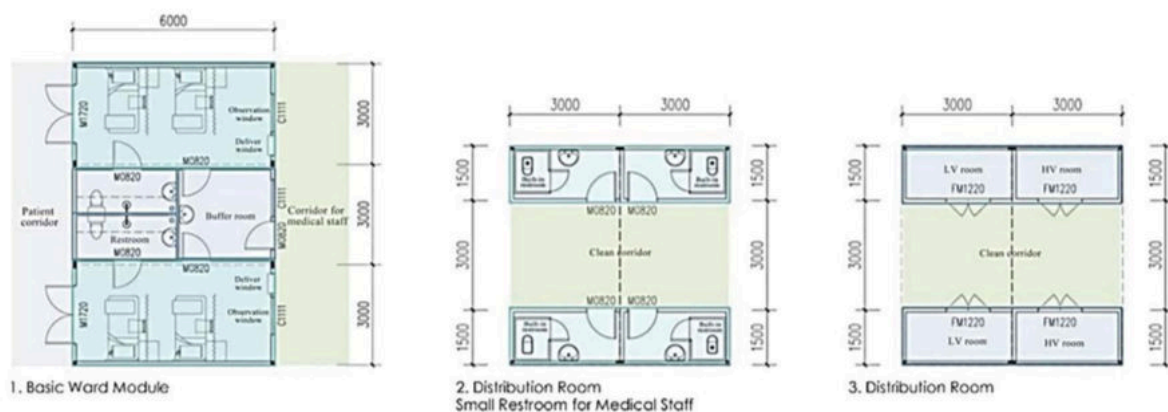
Fonte:LUO et al., 2020.

Figura 76 – Conjuntos de módulos do hospital Leishenshan



Fonte: WEN-TAO e SONG-MIN.

Figura 77 – Conjuntos de módulos hospitalares diferentes.



Fonte: SMOLOVA e SMOLOVA, 2021.

O autor Lawson (et al.,2014), delimita quatro tipos bem definidos de formas de planta que podem ser consideradas no estágio de projeto conceitual de edifícios modulares, o quais são nomeados da seguinte forma: Edifício tipo corredor, Edifício de acesso externo, Edifício modular em plano aberto e Edifício modular alto.

O sistema de construção frequentemente visto na construção modular é aquele que se utiliza de uma fileira de módulos de quatro lados dispostos ao longo de cada extremidade de um corredor central. Trata-se do Edifício tipo corredor. Esse arranjo é ideal para hotéis, residências estudantis, etc. (LAWSON et al.,2014). No caso dos hospitais, essa categoria combina com os quartos de internação descritos há pouco neste tópico.

Ao descrever as características do sistema, Lawson (et al.,2014) afirma que existe uma relação proporcional entre a quantidade de módulos colocados em linha contínua e a altura limite sem o uso de uma estrutura de contraventamentos adicional.

Quadro 4 – Número mínimo de módulos e alturas no tipo corredor

Altura do edifício (número de pavimentos)	Número mínimo de módulos ao longo da fachada frontal	Sistema de estabilização
3	5	Não
4	7	Não
5	9	Não
6	11	Possivelmente
7	12	Possivelmente
8	12	Sim

Fonte: LAWSON et al.,2014, adaptado pela autora.

O edifício modular tipo acesso externo tem duas subdivisões trazidas pelo Lawson (et al., 2014). A primeira refere-se às residências de dois a três andares que são grupos de dois ou três ou quadro módulos com acesso térreo e escadas independentes. E a segunda contempla os edifícios modulares de vários andares que possuem uma estrutura de aço independente que fornece circulações externas aos módulos. Essa estrutura pode estar localizada em um ou em ambos os lados da linha de módulos, podendo até mesmo ser utilizada para estruturar um conjunto de módulos em sistemas mais complexos.

A terceira categoria trata-se dos edifícios modulares em plano aberto, ou seja, aqueles em que os módulos utilizados são de lado aberto (com pilar de canto). Sistema frequentemente utilizado em escolas, edifícios comerciais de varejo e estabelecimentos de saúde.

Essa maneira de construir pode ser aplicada em qualquer disposição de módulos, mas tem restrições de altura, a menos que elementos centrais ou paredes de reforço sejam estrategicamente colocados em pontos-chave do projeto.

Para atender às necessidades das escolas, é necessário contar com áreas de dimensões amplas para a disposição das salas de aula. Um exemplo disso é a utilização de três módulos abertos medindo 3 metros de largura por 9 metros de comprimento, os quais combinados formam uma sala de aula com as dimensões de 9 metros por 9 metros. Em outro sistema, é possível aproveitar de maneira eficiente três módulos abertos medindo 3,75 metros de largura por 16,5 metros de comprimento, para criar duas salas de aula, um corredor/vestiário completo e um espaço de armazenamento (LAWSON et al., 2014).

Nesta pesquisa, esse mesmo cenário se apresenta no planejamento das salas cirúrgicas, já que também requerem dimensões mínimas generosas. Conforme estabelecido pela RDC nº 50/2002, as dimensões mínimas das salas cirúrgicas são de 3,45 m (para salas pequenas), 4,65 m (para salas médias) e 5,0 m (para salas grandes), enquanto a altura mínima do pé-direito é de 2,7 m.

Por fim, Lawson (et al., 2014) caracteriza o edifício modular alto, essa técnica em geral é empregada em edifícios com múltiplas salas semelhantes, com altura de até 10 andares. Nesses casos, as paredes desempenham a função de suportar peso e resistir às forças de cisalhamento causadas pela ação do vento. Posteriormente, essa abordagem foi expandida para prédios de até 25 andares, os quais requerem a inclusão de núcleos de concreto adicionais ou estruturas complementares para suportar as cargas do vento e proporcionar estabilidade para o conjunto de módulos. Um modelo utilizado consiste em agrupar os módulos ao redor de um núcleo de concreto que abriga as escadas e os elevadores, de maneira a transferir as forças horizontais vindas do vento para as paredes do núcleo (LAWSON et al., 2014).

No quadro a seguir (Quadro 5) apresentam-se as principais características apontadas por cada um dos autores com relação aos hospitais que utilizaram Sistemas Modulares Volumétricos em sua construção no intuito de resumir as informações coletadas e extrair quais os pressupostos da pesquisa.

Quadro 5 – Características estudadas e autores

Características Estudadas	Autores e suas abordagens								
	Lawson (2007)	Wang et. al (2020)	LUO et al (2020)	Borodeyko e Khvatynetc (2021)	Smolova e Smolova (2021)	Gatheeshgar	Wen-tao e Song-Min	Chen et al (2021)	De Souza (2008) e Cavalcanti et. al (2019)
Vantagens da construção modular	-Tempo -Qualidade -Economia -Isolamento acústico e térmico -Leve -Possibilidade Reaproveitamento -Aumento de produtividade (fabril) -Segurança na construção -Menor perturbação vizinhança (obra)		Contribuição modelo BIM	-Possibilidade Reaproveitamento	Construção Rápida Modelo BIM Construção modular permite grande flexibilidade de projeto		Economia de energia e proteção ao ambiente		
Módulos	Apresenta Tipos de módulos			Criaram modelos de módulos			Análise de modelos existentes		
Módulo tipo corredor (porta para os dois lados) ou (porta para um lado e janela para o outro)				Comprimento 3,0 ou 6,0m Altura 2,8m					

Módulo para acomodar pacientes infectados				Largura 3,0m Comprimento 3,0 4,5 ou 6,0m Altura 2,8m			Largura 3,0m e 2,0m Comprimento 6,0m Altura 2,9m	Largura 3,0m e 2,0m Comprimento 6,0m Altura 2,9m	
Módulo tipo 1 (Internação de isolamento) Hospital Leishenshan			Paredes painel sanduíche de vidro de aço de tamanho duplo				Área contaminada (área crítica)	Paredes com Painel em placas Rígidez, segurança, estabilidade e durabilidade	
Estrutura			Estrutura em aço galvanizado conectados por parafusos					Estrutura de aço Isolamento de fibra de vidro e acabamentos em chapa de aço	
					Componentes da unidade modular	Tipos de distribuição de carga em unidades modulares			
Módulo tipo 2 (Área para a equipe médica) Hospital Leishenshan							Área semi-contaminada (semi-crítica)		

Módulo tipo 3 (Áreas de apoio) Hospital Leishenshan							Área limpa (não crítica) Da qual a área médica de isolamento fornece a função principal		
Módulos básicos de enfermaria mista Hospital Leishenshan					Largura 3,0m Comprimento 3,0 6,0m				
Módulos de circulação e sanitários equipe médica Hospital Leishenshan					Largura 1,5m Comprimento 3,0 Com espaçamento de 3,0 m entre eles				
Módulos de circulação e salas de distribuição (semelhante a uma rouparia) Hospital Leishenshan					Largura 1,5m Comprimento 3,0 Com espaçamento de 3,0 m entre eles				
Drenagem					Sistema de drenagem colocado nos cantos				

Implantação do Hospital Leishenshan		Processo de implantação do hospital			Processo de implantação do hospital				
Fluxos							Fluxos conectando diferentes áreas		
Zoneamento funcional					O zoneamento funcional dependerá do tipo de vírus				
Expansibilidade									Conceito de projeto para prever futuras ampliações (DE SOUZA, 2008) Permite aumento da demanda ao longo do tempo (CAVALCANTI et al, 2019)
Flexibilidade					Construção modular permite grande flexibilidade de projeto				Flexibilidade interna Favorecendo a realização de reformas (CAVALCANTI et al, 2019)
Ventilação					Ventilação natural Ventilação mecânica				

					Sistemas de ventilação mista				
	Lawson (2007)	Wang et. al (2020)	LUO et al (2020)	Borodeyko e Khvatynetc (2021)	Smolova e Smolova (2021)	Gatheeshgar	Wen-tao e Song-Min	Chen et al (2021)	De Souza (2008) e Cavalcanti et. al (2019)

Fonte: elaborado pela autora.

2.4 Tendências e Desafios para Projeto com o Sistema Modular Volumétrico.

O modelo de assistência à saúde e a demografia dos pacientes internados nos hospitais mudaram significativamente acompanhando os avanços na tecnologia da construção (COSTEIRA, 2014).

O hospital tem evoluído rapidamente junto com a evolução humana, e esse movimento ascendente se reflete também na história da arquitetura, com o foco em um assunto fundamental: o cuidado com a saúde do homem. Assim, a estrutura física dos hospitais reflete diretamente sua estrutura (ELIZALDE e GOMES, 2009).

Os arquitetos devem pensar com cuidado na construção de hospitais para a humanização dos ambientes de saúde. Os hospitais devem ser mais do que apenas espaços tecnológicos, incorporando técnicas e sistemas construtivos e conceitos de sustentabilidade e conforto ambiental, oferecendo ambientes mais legíveis e acolhedores aos usuários (COSTEIRA, 2014).

O paciente usuário não mais se mantém passivo, tornando-se neste momento um cliente ativo que busca seus direitos, exigindo segurança e qualidade nos serviços fornecidos pela instituição. Além disso, a empresa deve assegurar ao funcionário um ambiente seguro para que ele possa desempenhar seu trabalho da melhor maneira possível e oferecer eficiência nos tratamentos aos clientes (ELIZALDE e GOMES, 2009).

A complexidade do edifício hospitalar, o avanço tecnológico da Medicina, da Arquitetura e da Engenharia, a necessidade de novos espaços para abrigar novas funções, a falta de locais disponíveis e acessíveis na área urbana e o alto preço dos terrenos, tudo isso influenciou o arquiteto levando-o a adotar um modelo recorrente em arquitetura de hospitais. Temos visto grandes hospitais que utilizam soluções de projeto baseadas em módulos pré-definidos, em uma padronização espacial que já foi testada e aprovada anteriormente, levando em consideração as exigências estabelecidas por normas e as necessidades do cliente (SAMPAIO, 2005).

O hospital geral já não é mais o principal símbolo da saúde, como costumava ser ao longo da história até o final do século XX. Agora, ele ocupa um lugar significativo, porém, não exclusivo como foco de estudo. Novos tipos de edifícios na área da saúde estão surgindo e é bem provável que venham a se multiplicar em número e diversidade no futuro. Eles tendem a ganhar cada vez mais espaço nos sistemas de saúde e no ambiente urbano (MONZA, 2024).

Atualmente, existem diversos tipos de edificações voltadas à prestação de serviços em saúde. Além dos hospitais gerais convencionais, podemos encontrar também outros tipos tais como centros clínicos, laboratórios, hospitais-dia, unidades de pronto-atendimentos, atendimentos temporários, e outras estruturas.

Sabendo disso, a proposta deste trabalho está em estudar as soluções de módulos compositivos, analisar individualmente cada ambiente do programa de necessidades mínimo, observando as necessidades das instalações detalhadamente e propor uma unidade que não sacrifique as dimensões em prol da padronização geral da edificação e sim uma padronização a fim de atingir o objetivo de adequações e expansões necessárias a edificação hospitalar.

O modelo do processo de construção de Leishenshan, hospital construído na cidade de Wuhan na China com o uso do Sistema Modular Volumétrico, acelerou e promoveu a integração de unidades modulares na construção de emergência em todo o mundo, desenvolvendo assim uma abordagem de design inovadora no combate ao vírus Covid-2019 (SMOLOVA e SMOLOVA, 2021).

As unidades de emergência são fundamentais, porém são as primeiras a sofrer com a superlotação em casos de crise, especialmente em países menos desenvolvidos como o Brasil, onde a pobreza é acentuada e acesso a leitos é limitado para a maioria. A situação que foi o surto da COVID-19 destacou a importância de uma arquitetura hospitalar mais robusta e de planos emergenciais mais abrangentes, considerando que, em praticamente todos os países afetados pela pandemia, a disponibilidade de leitos tem se mostrado insuficiente (CEZÁRIO, 2023).

Os hospitais resolvem desafios de execução com a utilização do sistema construtivo modular. Reduzir custos, economizar tempo e melhorar a qualidade são as prioridades para os hospitais que utilizam o tipo de construção modular para novas construções (HEADLEY, 2023). E, da mesma forma, para as expansões em hospitais cujas prioridades seguem as mesmas.

Através de simulações de realidade virtual foi possível que profissionais de saúde e engenheiros de processo da empresa HGA nos Estados Unidos, durante a Pandemia COVID-19, avaliassem os projetos, mesmo que as ordens de distanciamento social impedissem reuniões presenciais e a construção de protótipos físicos (RUSSELL, 2020).

Para o grupo de profissionais e empreendedores que não têm experiência com a construção totalmente modular, um dos maiores desafios a superar é a percepção ultrapassada de que modular significa temporário. Não se tratando mais de um processo de ponta, a construção hospitalar modular e pré-fabricada evoluiu e irá avançar à medida que se tornar aceita no mercado. (HEADLEY, 2023).

2.5 Normativas

No Brasil, o Instituto da Previdência Social e mais tarde o Ministério da Saúde, são os órgãos governamentais que têm editado as normas que estabelecem diretrizes para a elaboração dos projetos de ambientes ligados à área da saúde (SAMPAIO, 2005).

O sistema de saúde brasileiro está dividido em níveis de atendimento, os quais se diferenciam pela complexidade dos serviços disponibilizados, tendo exigências de espaços específicos, daí a necessidade do arquiteto em conhecê-los para que haja um projeto arquitetônico condizente com as necessidades físicas e legais (DE SOUZA, 2008).

Entre as normativas vigentes, pode-se destacar primeiramente a mais importante delas: a Resolução da Diretoria Colegiada nº 50, a RDC nº. 50 – Regulamento técnico para planejamento, programação elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) do Ministério da Saúde, documento que aprova projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), de construções novas, ampliações e reformas de estabelecimentos de saúde já existentes. Retificada pelas RDC nº 307 e RDC nº 189 no ano seguinte. (SAMPAIO 2005).

De acordo com Góes (2004), as normas do ministério da Saúde são o parâmetro mais confiável para projetos de ambientes hospitalares. A RDC nº 50 com as suas alterações é resultado de longos debates e de uma consulta pública que durou quatro anos. É um Regulamento Técnico que dispõe de regras flexíveis, permitindo uma maior liberdade de exercício aos projetistas, visto que não mais precisam ficar presos a modelos arquitetônicos preestabelecidos (GÓES, 2004).

Algumas normativas da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT) contribuem na elaboração de projetos de estabelecimentos de saúde. Quanto à acessibilidade, o hospital deve se adequar aos deficientes, pois frequentemente pessoas com dificuldade de locomoção são vistas circulando pelo edifício. (BORODEYKO e KHVATYNETS, 2021).

Entre elas, pode-se citar a ABNT NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos; a ABNT NBR 14712 – Elevadores elétricos - elevadores de carga, monta-cargas e elevadores de maca; Requisitos de segurança para projeto, fabricação e instalação e a NBR NM-207 – Elevadores elétricos de passageiros; Requisitos de segurança para construção e instalação.

Outras normas são importantes, porém não farão parte do objeto de estudo desta pesquisa neste, por exemplo: a NBR 10152– Níveis de ruído para conforto acústico, a NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados, a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: Interior, a ABNT NBR 13534 – Instalações de elétrica em estabelecimentos assistenciais de saúde.

Além do mais, temos também a NBR 6401 – Instalações centrais de ar-condicionado para conforto: Parâmetros básicos de projeto, que estabelece valores recomendáveis de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar para utilização em projetos. (SAMPAIO, 2005). Atualmente substituída pela NBR 17081 DE 04/2023: Terminologia - Refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento. Esse regulamento é bastante utilizado nos setores que exigem condicionamento ambiental para fins de conforto, como salas administrativas, quartos de internação, etc., (SAMPAIO, 2005).

Segundo Sampaio (2005), os ambientes em que seja necessária a assepsia e conforto, como as salas de cirurgias, UTI, berçário, nutrição parenteral, etc., a norma recomenda que devam atender as exigências da norma da ABNT, a NBR - 7256 - Tratamento de ar em unidades médico-assistenciais. Norma que foi atualizada há pouco tempo no ano de 2022. E para os sistemas de condicionamento de ar, exaustão, insuflamento e difusão do ar, os ruídos não devem ultrapassar os limites previstos na NBR 12179 de 1992: Tratamento acústico em recintos fechados - procedimento.

Quanto às normativas de um Sistema Modular Volumétrico, uma das ferramentas de maior potencial, porém ainda não adotada pela maioria do mercado, é a NBR 15.873/2010 - Coordenação Modular para Edificações. Com o objetivo de promover uma compatibilização de dimensões entre os diferentes componentes da construção industrializada, garantindo assim um menor desperdício de material e maior facilidade de cooperação entre os atores do mercado, a NBR 15.873 agrupa em seu texto informações e estudos necessários para a definição de dimensões básicas para módulo enquanto unidade de medida. (SAVASSI e CHICA, 2022)

Por fim, entende-se que muitas normativas são importantes para a elaboração de projeto arquitetônico de edifício para a saúde, entretanto, esta pesquisa concentra-se em referenciar e consultar, principalmente, as seguintes normativas: Resolução RDC 50/2002, algumas normas citadas da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), a normativa do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) Resolução no 210/2006 e guias técnicos pertinentes aos assuntos como, por exemplo, o SOMASUS (BRASIL, 2011) que trata especificamente da programação arquitetônica de unidades funcionais de saúde e outros materiais técnicos relacionados ao Sistema Modular Volumétrico.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia de Pesquisa (Classificação da pesquisa)

A metodologia adequada para a análise e interpretação da pesquisa é de caráter **documental e exploratória** proporcionando maiores informações, através de relações dos estudos de projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde com a utilização de pesquisa bibliográfica e experiência profissional no desenvolvimento de projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) militares pela autora na Comissão Regional de Obras 3. A produção proporciona a interligação das relações entre as edificações de saúde e os sistemas construtivos pré-fabricados modulares agregando às áreas de conhecimento.

A presente pesquisa aplica-se à área de arquitetura no âmbito da Organização do Exército Brasileiro com o uso da tecnologia do Sistema Modular Volumétrico. As principais pessoas envolvidas são os arquitetos e engenheiros.

A metodologia utilizada é a do *Design Science Research*. Segundo Ártico (2020), essa metodologia confere rigor científico a uma pesquisa de cunho prático, na qual o pesquisador interfere no desenvolvimento e também prescreve o resultado.

A Design Science Research também contribui para aumentar a relevância dos trabalhos realizados, diminuindo a distância entre o que se desenvolve na academia e o que é aplicado nas organizações (DRESCH et al, 2015)

Os mesmos autores observam que os paradigmas da *Design Science* e da *Design Science Research*, como método de pesquisa, têm sido aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento. E a aplicação dos conceitos deste método pode ser expendida para outras áreas de conhecimento que também tenham como objetivo a solução de problemas e a construção de artefatos.

Dresch (et al., 2015) afirma que as pesquisas que resultam em uma prescrição têm sua aplicação facilitada, inclusive por parte dos profissionais nas organizações, e por este aspecto, pode favorecer o reconhecimento da sua relevância para a prática profissional. É nesse sentido que a *Design Science* se posiciona como um paradigma epistemológico (estudo ou teoria do conhecimento) que pode guiar as pesquisas orientadas à solução de problemas e ao projeto de artefatos (DRESCH et al, 2015).

A *Design Science* é a ciência que procura desenvolver e projetar soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas ou, ainda, criar novos artefatos que contribuam para uma melhor atuação humana, seja na sociedade, seja nas organizações (DRESCH et al, 2015).

A trajetória da pesquisa fundamentada na *Design Science* tem quatro etapas principais, e as duas primeiras ocorrem durante a condução da *Design Science Research*. A primeira delas é a de projeto e desenvolvimento de artefatos e a segunda, a de avaliação, na qual pode ocorrer também a experimentação ou a implementação dos artefatos previamente projetados e desenvolvidos. Essas duas etapas podem resultar em artefatos do tipo constructo, modelo, método e instâncias. (DRESCH et al, 2015)

O autor Lacerda (et al.,2013) afirma que a questão da relevância do conhecimento produzido e a tensão na relação teoria-prática exigem, na verdade, um novo foco: pesquisas efetivamente direcionadas ao projeto de artefatos que sustentem melhores soluções para os problemas existentes. Portanto, de acordo com a proposta de estudo desenvolvida neste trabalho.

A *Design Science* é composta pela construção, processo de confecção de artefatos para um propósito específico, e pela avaliação, verificação do desempenho dos artefatos como solução desejada (MARCH e SMITH, 1995)

Segundo o autor Dresch, a pesquisa se torna importante quando se apresenta o problema e se demonstra que ainda não existem soluções suficientes. Logo após, desenvolve-se e apresenta-se um novo artefato que possa ser utilizado para resolver este problema e por fim se avalia os artefatos desenvolvidos nos critérios de utilidade e viabilidade.

A metodologia aplicada a esta pesquisa resulta nos aspectos abaixo especificados.

No quadro a seguir (Quadro 6), apresenta-se uma relação entre as categorias presentes no *Design Science* apresentadas por Lacerda (et al.,2013) e a pesquisa desenvolvida.

Quadro 6 – Relação entre o Design Science Research e a pesquisa

Categorias	<i>Design Science</i>	Pesquisa
Propósito	Produzir sistemas que ainda não existem – isto é, mudar sistemas organizacionais e situações já existentes para alcançar melhores resultados	Definir critérios para metodologia projetual para projetos de adequações e/ou expansões de estabelecimentos assistenciais de saúde militares com o uso de sistemas pré-fabricados modulares volumétricos.
Modelo	<i>Design</i> e engenharia (por exemplo, arquitetura, engenharia, aeronáutica, ciências da computação)	Arquitetura com a delimitação aos estabelecimentos assistenciais de saúde
Visão do Conhecimento	Pragmática: conhecimento a serviço da ação; a natureza do pensamento é normativa e sintética. Mais especificamente, o <i>design</i> assume que cada situação é única e se inspira em propostas e soluções ideais, pensamento sistêmico, e informações limitadas. Além disso, enfatiza a participação, o discurso com um meio de intervenção, e a experimentação pragmática.	Testes com os módulos considerando as normativas e testes em projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde do Exército.
Natureza dos Objetos	Questões organizacionais e sistemas como objetos artificiais com propriedades mal definidas, tanto descritivas como imperativas, exigindo intervenções não rotineiras por	Módulos considerando o Sistema Modular Volumétrico

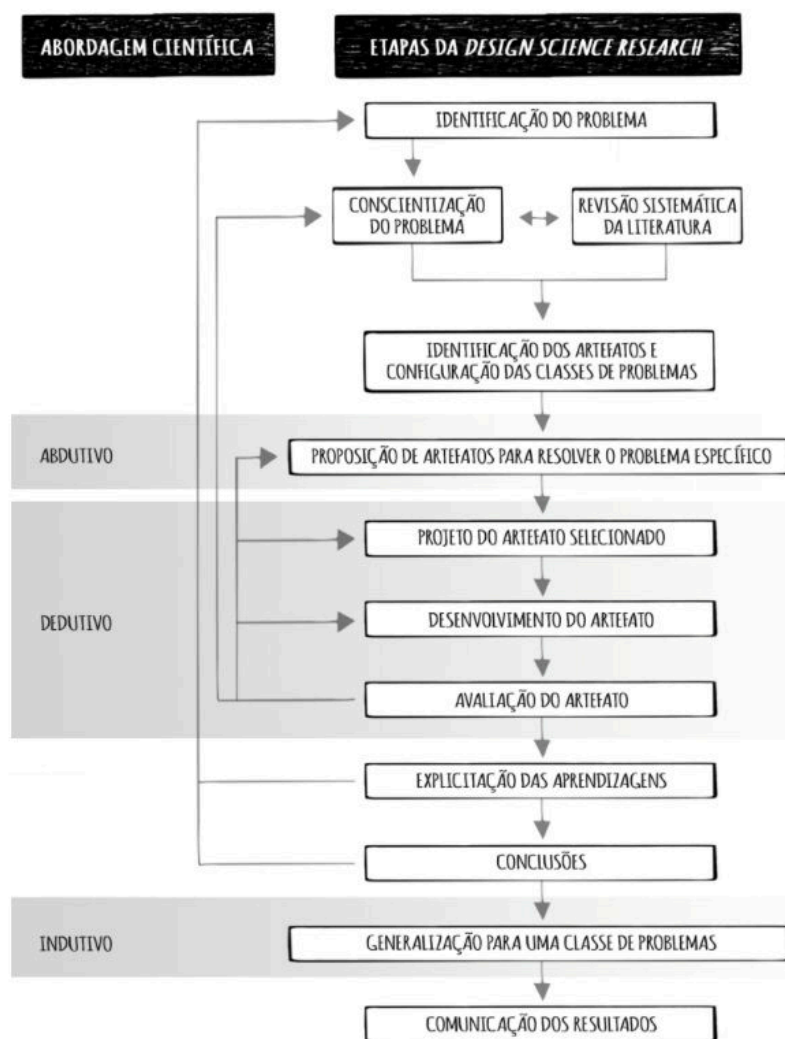
	parte de agentes com posições internas na organização. Propriedades imperativas também se desdobram de fins e de sistemas idealizados de maneira mais ampla.	
Foco do Desenvolvimento da Teoria	Será que um dado conjunto integrado de proposições de projeto funciona em certa situação (problema) mal definida? O projeto e desenvolvimento de novos artefatos tendem a se mover para fora das fronteiras da definição inicial da situação.	Após os testes com os módulos, prescrever uma maneira de aplicação destes módulos. Será que é possível planejar expansões ou novas construções de EAS do Exército com o uso do Sistema Modular Volumétrico?

Fonte: elaborado pela autora, adaptado de Lacerda (et al.,2013).

3.2 Delineamento da Metodologia

A fim de fundamentar o método de pesquisa, consideramos as etapas propostas para a condução de pesquisas utilizando a *Design Science Research* ilustrado pelos autores DRESCH (et al, 2015) através do diagrama abaixo baseado em diversos outros autores segundo eles. O modelo por eles proposto é baseado em 12 passos principais conforme figura a seguir (Figura 78).

Figura 78 – Método proposto para condução da *Design Science Research*.

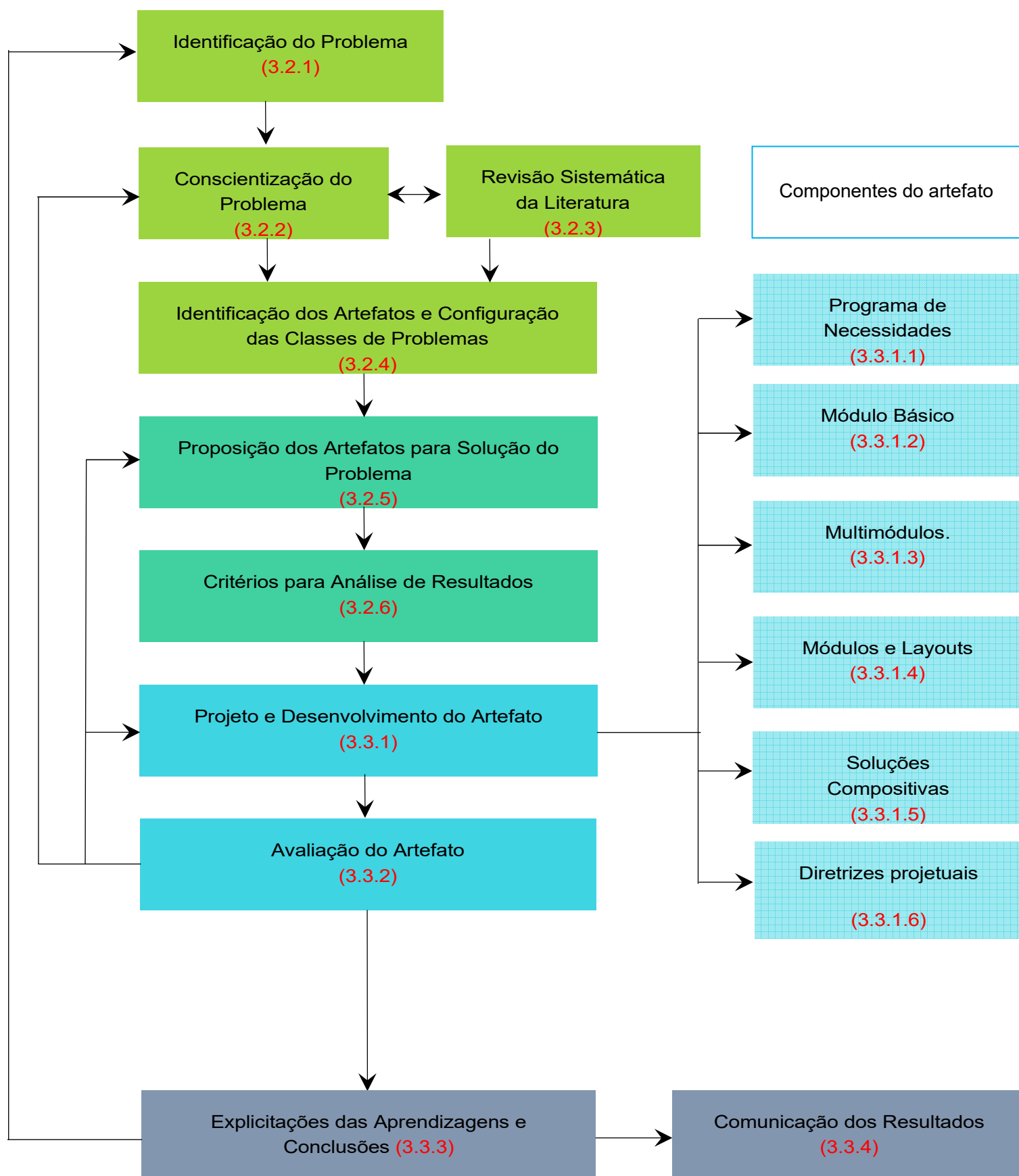


Fonte: Dresch et al, 2015.

Esse mesmo método é citado também pelo autor Lacerda (et al., 2013), informando que é dividido nos seguintes passos: identificação do problema; conscientização do problema; revisão sistemática da literatura; identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas; proposição de artefatos para resolver o problema específico; projeto do artefato selecionado; desenvolvimento do artefato; avaliação do artefato; explicitação das aprendizagens; conclusões; generalização para uma classe de problemas; e comunicação de resultados (LACERDA et al., 2013).

Assim, baseado neste modelo esta pesquisa dedica-se o delineamento da metodologia da seguinte forma:

Figura 79 – Delineamento da Metodologia e Aplicação do Método



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Dresch (et al, 2015).

3.2.1 Identificação do Problema

A presente pesquisa visa compreender a construção de hospitais militares no Rio Grande do Sul nos dias atuais, identificando suas deficiências e explorando maneiras de otimização mediante a aplicação do uso do Sistema Modular Volumétrico. Isso implica a projeção de partes ou ampliações de unidades de estabelecimentos assistenciais de saúde existentes, bem como a viabilização de novas instalações por meio desse sistema. Desse modo, para alcançar a solução de tal problemática e considerando seguir os pré-requisitos normativos, inicia-se a análise das dimensões mínimas pertinentes aos módulos.

3.2.2 Conscientização do Problema

A etapa da conscientização diz respeito à compreensão da problemática envolvida (LACERDA et al, 2013). E o principal resultado é a definição e a formalização do problema a ser solucionado, suas fronteiras (ambiente externo) e as soluções satisfatórias necessárias. Sendo assim, como resultado tem-se um conjunto de possíveis artefatos e a escolha de um ou mais que serão estudados.

Nessa etapa de conscientização inicia-se a aplicação da metodologia onde primeiramente se identificam os seguintes problemas:

- Como planejar módulos para usar em projetos de EAS?
- Qual o programa de necessidades adequado a esses estabelecimentos?
- Em quais das áreas das unidades de saúde é possível utilizar o Sistema Modular Volumétrico?

3.2.3 Revisão Sistemática da Literatura

O segundo passo é a revisão sistemática da literatura. Nessa etapa foram consultadas as bibliografias oferecidas na base de dados Scielo (Scientific Electronic Library Online) e Google Acadêmico com buscas ordenadas por relevância, sites da prefeitura, recursos fotográficos e legislações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Foram utilizados os projetos arquitetônicos de EAS mais recentes desenvolvidos na Comissão Regional de Obras 3 (CRO 3).

A revisão sistemática da literatura desta pesquisa que aborda primeiramente a arquitetura militar no Rio Grande do Sul, depois o uso do Sistema Modular Volumétrico inserido no ambiente hospitalar, as vantagens deste sistema, as composições de áreas das unidades de saúde com o uso do Sistema Modular Volumétrico. Apresenta também as tendências e os desafios para projetos utilizando o Sistema Modular Volumétrico e finaliza com determinadas normativas vigentes que impactam neste estudo.

Sendo assim é possível basear o estudo em dados técnicos através dos levantamentos das unidades de saúde e também apresentar alguns dados científicos através dos artigos pesquisados com base na temática principal do Sistema Modular Volumétrico interligada à arquitetura hospitalar.

3.2.4 Identificação dos Artefatos e Configuração das Classes de Problemas

Para fins do presente estudo e baseado nos modelos elaborados pelos autores Lacerda (et. al, 2013) e Dresch (et al, 2015), propõem o esquema ilustrado na figura abaixo (Figura 80) referente a lógica para a construção de classes de problemas.

Artefato é a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo (DRESCH et al, 2015).

Após a conscientização juntamente com a revisão sistemática da literatura sucede o terceiro passo que se trata da identificação de artefatos e da configuração da classe de problemas.

Durante esta etapa de desenvolvimento do estudo, é possível extrair algumas concepções de componentes do ambiente interno com o objetivo de formar o artefato. As propostas são:

A – Programa de necessidades mínimo;

B – Tipos de módulos (internação, consultório, sala de cirurgia, sala de exames, etc);

C – Soluções compositivas;

D – Diretrizes projetuais (pré-requisitos das instalações e normativas);

F – Conjunto de aprendizagens para projetos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) utilizando o Sistema Modular Volumétrico (SMV).

Tais componentes fazem parte da classe de problemas relacionados ao planejamento e desenvolvimento de projetos arquitetônicos na área de arquitetura hospitalar.

Na figura adiante (Figura 80) temos um esquema com a lógica desta metodologia, pois cada etapa tem um papel importante na construção da classe de problemas.

Figura 80 – Lógica para a construção das classes de problemas



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Lacerda (et. al, 2013) e Dresch (et al, 2015).

3.2.5 Proposição de Artefato para Resolução do Problema

De acordo com Dresch (et al, 2015), existem cinco tipos de artefatos, com definições correspondentes apresentadas na tabela a seguir (Tabela 2). Os componentes propostos nesta pesquisa estão alinhados com as definições do autor e vinculados a cada tipo descrito por Dresch (et al, 2015).

O componente do tipo Constructos é o programa de necessidades mínimo devido ao fato de que ele identifica a carência de algumas unidades/ambientes nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde das Organizações Militares. Os Modelos referem-se a diferentes tipos de módulos escolhidos especificamente para suprir essa escassez de espaços. Na sequência, nos Métodos, as soluções compositivas foram definidas com o objetivo de compor uma unidade completa de um EAS. Ao chegar às Instanciações, percebe-se que a aplicação do método já está em curso. Sendo assim, os componentes do artefato se transformam em um passo a passo para a execução subsequente deste.

Tabela 2 – Estudo de proposta de artefato

PROPOSTA DE ARTEFATO				
TIPO	DESCRIÇÃO	COMPONENTE DO ARTEFATO	PORQUE FOI SELECIONADO?	RESULTADOS PESQUISA
 CONSTRUCTOS	Elementos conceituais para descrever problemas	Programa de necessidades mínimo	Descreve o problema da falta de algumas unidades em determinados EAS	Planilha contendo os ambientes e suas metragens mínimas
 MODELOS	Conjunto de proposições que expressam as relações entre constructos. A principal preocupação é a sua utilidade	Tipos de módulos diferentes	Conjunto de módulos propostos a resolver a questão dos ambientes nos EAS.	Módulo Internação Módulo Consultório Módulo Sala de Cirurgia Módulo Sala de exames
 MÉTODOS	Conjunto de passos necessários para desempenhar uma determinada tarefa.	Soluções compositivas.	Conjunto de módulos propostos que compõem todo o EAS.	Testes em projetos de unidades existentes
 INSTANCIACÕES	Execução do artefato em seu ambiente. Operacionaliza os outros artefatos Conjunto de regras	Diretrizes projetuais	Normativas Pré-requisitos da RDC 50 (instalações)	Diretrizes para metodologia projetual para o uso de SMV em EAS
 DESIGN PROPOSITIONS	Template Genérico. Algo que pode ser aplicado para diversas situações similares	Conjunto de aprendizagens para projetos de EAS com o uso do SMV	Algo que poderá ser utilizado por outros profissionais em situações de demandas semelhantes	Explicitações das Aprendizagens e Conclusões

Fonte: Elaborado pela autora (as três colunas da direita) baseado em Dresch (et al, 2015).

3.2.6 Critérios para a Análise de Resultados

Juntamente com a elaboração da proposta dos componentes do artefato, entendeu-se que era preciso estabelecer critérios para a análise de resultados baseados na revisão da literatura desta pesquisa. Os critérios irão nortear a pesquisa para uma melhor aplicação do método.

Inicialmente, estabeleceram-se os critérios da Funcionalidade e da Flexibilidade, os quais se relacionam, por sua vez, com os critérios de Repetição e Expansibilidade conforme pesquisas realizadas. Além disso, tais critérios fazem parte integral dos principais conceitos do ambiente hospitalar conforme exposto anteriormente. Nesse cenário, há uma divisão dos tipos de áreas em: críticas (contaminada), semi-críticas (semi contaminada) e não críticas (não contaminada) de forma a organizar um tipo de zoneamento adicionando mais rigor às aplicações.

Figura 81 – Relação de critérios estabelecidos pela autora para a aplicação.



Fonte: Elaborado pela autora baseado na fundamentação teórica.

A fim de esclarecer melhor, a pesquisa buscou a definição direta dos tipos de áreas críticas, semi-críticas e não críticas no Manual de Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Áreas críticas: são os ambientes onde existe risco aumentado de transmissão de infecção, onde se realizam procedimentos de risco, com ou sem pacientes ou onde se encontram pacientes imunodeprimidos. São exemplos desse tipo de área: Centro Cirúrgico (CC), Centro Obstétrico (CO), Unidade de Terapia Intensiva (UTI), Unidade de Diálise, Laboratório de Análises Clínicas, Banco de Sangue, Setor de Hemodinâmica, Unidade de Transplante, Unidade de Queimados, Unidades de Isolamento, Berçário de Alto Risco, Central de Material e Esterilização (CME), Lactário, Serviço de Nutrição e Dietética (SND), Farmácia e Área suja da Lavanderia (BRASIL, 2010).

Áreas semi-críticas: são todos os compartimentos ocupados por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissibilidade e doenças não infecciosas. São exemplos desse tipo de área: enfermarias e apartamentos, ambulatórios, banheiros, posto de enfermagem, elevador e corredores. (BRASIL, 2010).

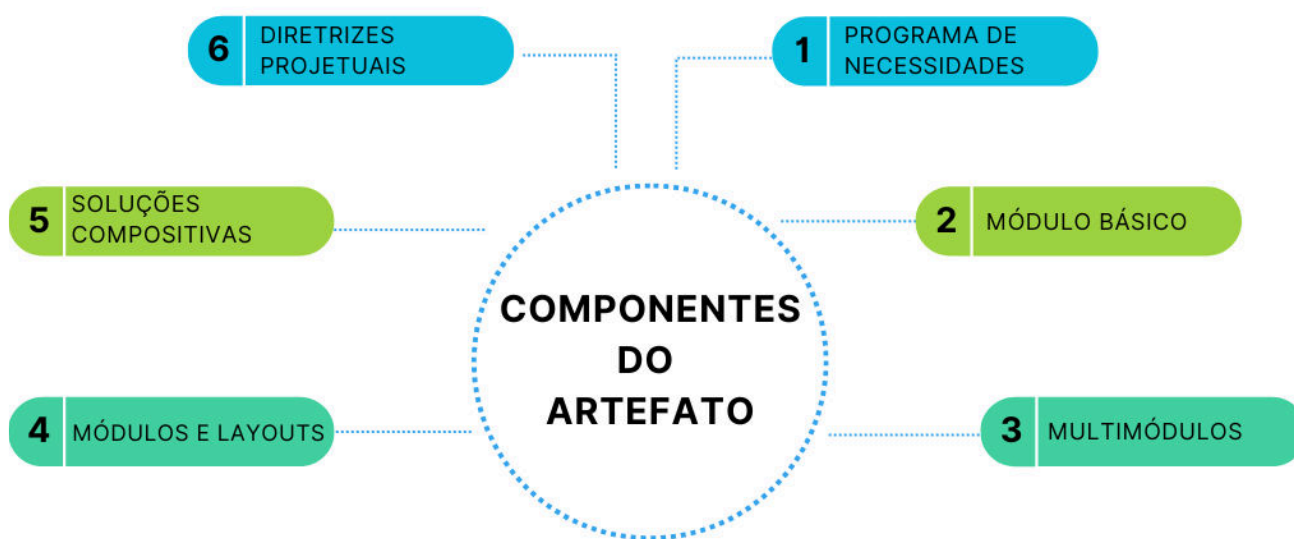
Áreas não-críticas: são todos os demais compartimentos dos estabelecimentos assistenciais de saúde não ocupados por pacientes e onde não se realizam procedimentos de risco. São exemplos desse tipo de área: vestiário, copa, áreas administrativas, almoxarifados, secretaria, sala de costura (BRASIL, 2010).

3.3 Aplicação do Método

3.3.1 Projeto e Desenvolvimento do Artefato

Inicialmente, com o objetivo de estruturar o projeto do artefato escolhido, é estabelecida uma linha de pensamento dividida em seis etapas, que estão detalhadas a seguir e representadas na imagem abaixo (Figura 82).

Figura 82 – Etapas do projeto e desenvolvimento do artefato



Fonte: Elaborado pela autora

3.3.1.1 Programa de Necessidades

Ao analisar a estrutura fundamental compartilhada pelos hospitais militares do Rio Grande do Sul, mais precisamente pelas unidades existentes nas cidades de Alegrete, Bagé e Santa Maria, é perceptível que as áreas de urgência, enfermarias, central de material esterilizado (CME), unidades de terapia intensiva (UTI), salas cirúrgicas e também as unidades de patologia clínica e radiologia são cruciais dentro do contexto hospitalar. Por outro lado, ambulatórios e clínicas externas são considerados fundamentais fora do ambiente hospitalar, sobretudo em relação aos serviços de saúde disponíveis no interior do Estado.

Essas áreas de maior importância pertencem às unidades funcionais conforme estabelecido na RDC nº 50, referente ao Atendimento em Regime Ambulatorial e Hospital-Dia em locais fora do hospital, bem como unidades de Atendimento Imediato, Internação e Apoio ao Diagnóstico e Terapia no caso das unidades citadas dentro do ambiente hospitalar.

A **primeira etapa** do projeto retoma esse levantamento do programa de necessidades em estabelecimentos assistenciais de saúde do Exército Brasileiro dentro do perímetro do Estado do Rio Grande do Sul como base, a fim de estabelecer quais serão as unidades aplicadas ao projeto de pesquisa. Sendo assim, a tabela abaixo (Tabela 3) lista quais as unidades serão objeto do estudo.

Esse levantamento teve o intuito de avaliar questões referentes ao **programa de necessidades mínimo a um hospital geral de até 50 leitos**, levando em consideração às unidades funcionais principais, as legislações nacionais e estaduais e normativas vigentes específicas da área da arquitetura para a saúde.

Tabela 3 – Estrutura mínima necessária nos hospitais

Programa de necessidades mínimo	RDC nº 50 – Unidades Funcionais
Unidades para projeto dentro dos EAS.	Atribuições de Estabelecimentos Assistenciais
1. Ambulatório	Atendimento em regime ambulatorial e de Hospital-Dia.
2. Atendimento clínico (médico e odontológico)	
3. Pronto Atendimento	Atendimento Imediato
4. Unidade de terapia intensiva (UTI)	Atendimento em regime de internação
5. Internação Geral (enfermaria)	
6. Internação Geral (quartos)	
7. Centro Cirúrgico	Apoio ao Diagnóstico e Terapia
8. Patologia Clínica	
9. Radiologia	Apoio Técnico
10. Central de Material Esterilizado (CME)	

A elaboração primária do programa de necessidades está representada na Tabela 4. No exemplo, o caso da unidade do Ambulatório.

Tabela 4 – Programa de necessidades do projeto da Unidade do Ambulatório.

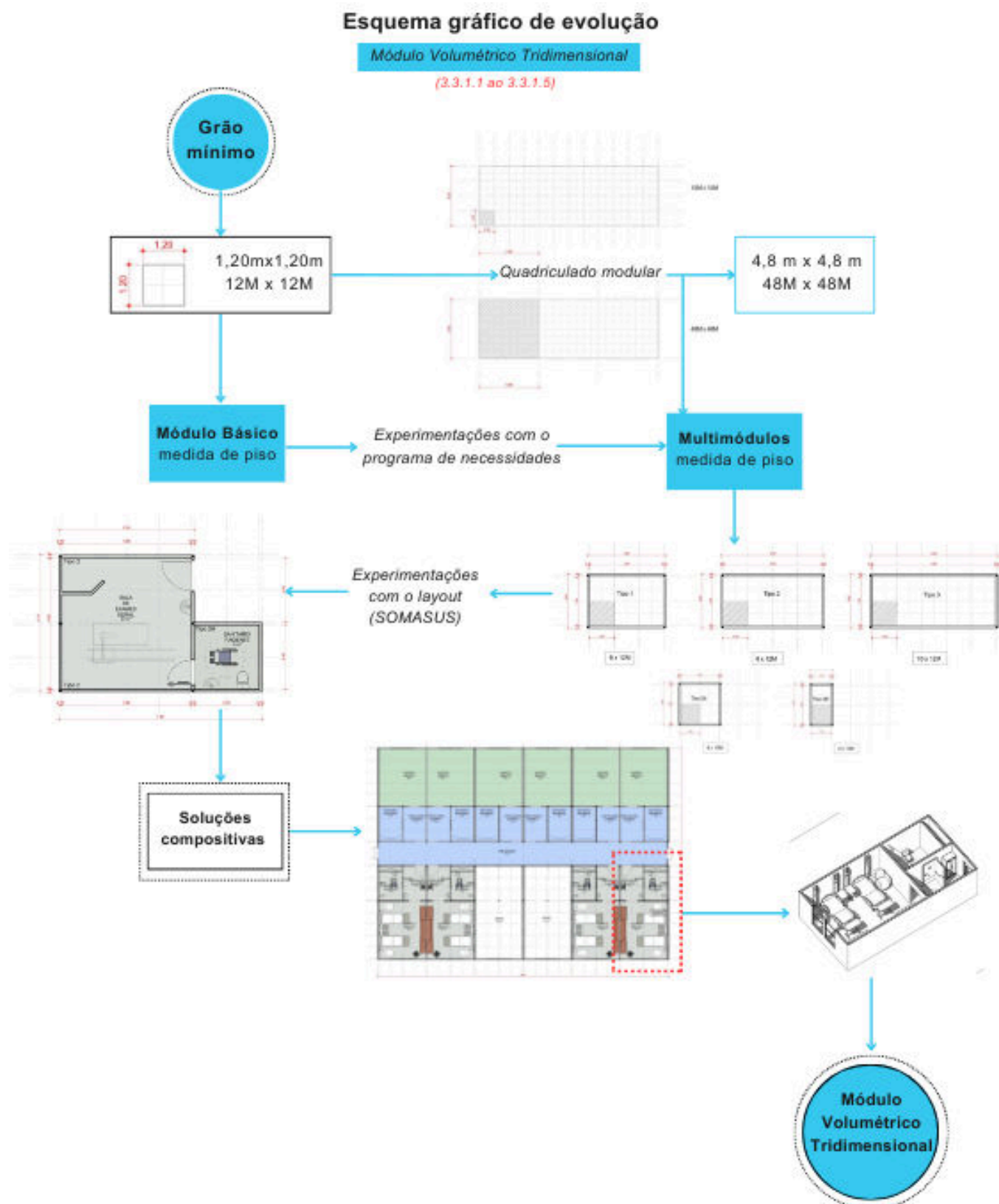
PROGRAMA DE NECESSIDADES					
PLANILHA DE ÁREAS					
UNIDADE FUNCIONAL	LOCAL	UNIDADE/AMBIENTE		OBSERVAÇÕES/INSTALAÇÕES	ÁREAS (m²)
					ÁREA NORMA (m²) ÁREA PROJETO (m²)
1. ATENDIMENTO AMBULATORIAL	AMBULATÓRIO	ENFERMAGEM	SALA DE PREPARO DO PACIENTE (CONSULTA DO PACIENTE, TRIAGEM E BIOMETRIA)	HF	6 9
			SALA DE CURATIVOS/SUTURAS E COLETA DE MATERIAL (EXCETO GINECOLÓGICO)	HF	9 9
			SALA DE INALAÇÃO COLETIVA	HF/FAM/FO	1,6 (por paciente)
			SALA DE APLICAÇÃO DE MEDICAMENTOS	HF	5,5 7,2
		CONSULTÓRIOS	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO (dim mínima 2,2m)	HF	7,5 9
			CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO	HF/FAM/FVC	9 10,8
		APOIO	AMBIENTES DE APOIO:		
			Área para registro de pacientes / marcação		5,50 5,4
			Sanitários para pacientes / público (feminino e masculino) Na sala de espera.	HF	3,20 5,4
			Sanitários para funcionários	HF	1,60 3,6
			SALA DE ESPERA PARA PACIENTES E ACOMPANHANTES (junto a Recepção)	1,3m por pessoa (6 pacientes)	6,50 9
			DML - Depósito de material de limpeza	dim mínima 1,0m HF	2,00 3,6
			ROUPARIA (pode ser substituída por armários exclusivos)		2,20 2,16
			Sala de Utilidades + Esterilização (dim mínima 1,5)	HF/ADE	4,00 5,4
			Sala Administrativa	ADE	5,50 5,4
			Copa /estar funcionários	HF	2,60 5,4
			Depósito de equipamentos		10,8
			A TOTAL		70,10 101,16

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.1.2 Módulo Básico

Na segunda etapa, inicia-se a progressão dos estudos desta pesquisa sobre o módulo básico (1,20 m x 1,20 m) e os múltimódulos de medida de pisos (múltiplos do módulo base), culminando, de forma mais específica, na quinta etapa das soluções compostas com o conjunto do Módulo Tridimensional Volumétrico. Diante disso, e com o objetivo de visualizar graficamente tal evolução, foi delineado o seguinte esquema (Figura 83).

Figura 83 – Esquema gráfico da evolução do Módulo Volumétrico Tridimensional



Fonte: Elaborado pela autora.

Na **segunda etapa** é necessário **definir o módulo básico**. Conforme fundamentado o Módulo básico se refere à menor unidade de medida linear da coordenação modular, representado pela letra M, cujo valor normalizado é de $M=100\text{mm}$, e conforme os autores Greven e Baldauf (2007a), a partir deste módulo, surgem os multimódulos, que são múltiplos inteiros do módulo básico.

Nessa produção, visto como o menor módulo possível de medida de piso, o espaço crítico, como é chamado pelo autor Crespo (2017), com frequência, permite uma única solução e representa uma situação limite. Em uma lógica geral, partindo do espaço crítico, quanto mais justo o dimensionamento que define a compartimentação do espaço, mais flexível precisará ser a solução desta compartimentação. Espaços maiores, por serem mais capazes de acomodar usos imprevistos, requerem compartimentação menos flexível (CRESPO 2017). Em outras palavras, quanto menor o módulo básico de medida de piso, mais flexível precisará ser o layout e, em contrapartida, o módulo maior exigirá um layout menos flexível.

O tamanho do módulo individual pode variar de forma paramétrica, tendo seu tamanho ajustado no momento de sua fabricação de acordo com as exigências do projeto (TERIBELE, 2016).

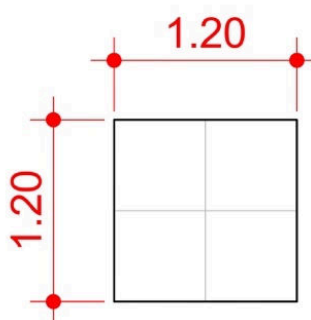
Diante da fundamentação exposta, somada à experiência do pesquisador em relação às medidas mínimas de projeto e perante às dimensões geralmente utilizadas comercialmente em acabamentos e tendo como referência a unidade de passagem mínima de 0,55m comum em normas, o processo de modulação começa com uma unidade de medida múltipla de 0,60m. Levando em conta uma concepção com a produção industrializada, o ponto de partida será então denominado de "grão mínimo", com dimensões de 1,20 x 1,20m. Nesse princípio de projeto de módulo de medida de piso, não é preciso levar em conta os painéis de fechamento, pois o foco é estabelecer uma modulação mínima no piso.

Na construção modular, um alto grau de flexibilidade de projeto deve ser equiparado aos requisitos de fabricação. Nesse sistema de construção é possível basear-se em posições de uma malha de piso nas quais as orientações e tamanhos dos módulos podem ser variados a fim de oferecer o uso flexível daquele ambiente. (LAWSON et al., 2014).

Segundo os autores observados, nos fundamentos do Sistema Modular Volumétrico, essa modulação de 1,20m torna-se mais flexível às adaptações e economicamente viável (FARIAS, 2016) e, desta forma, permite intensificar o uso em projetos de edificações para a saúde (CARVALHO e TAVARES, 2002).

Na figura abaixo (Figura 84) apresenta-se o grão mínimo estudado nessa pesquisa.

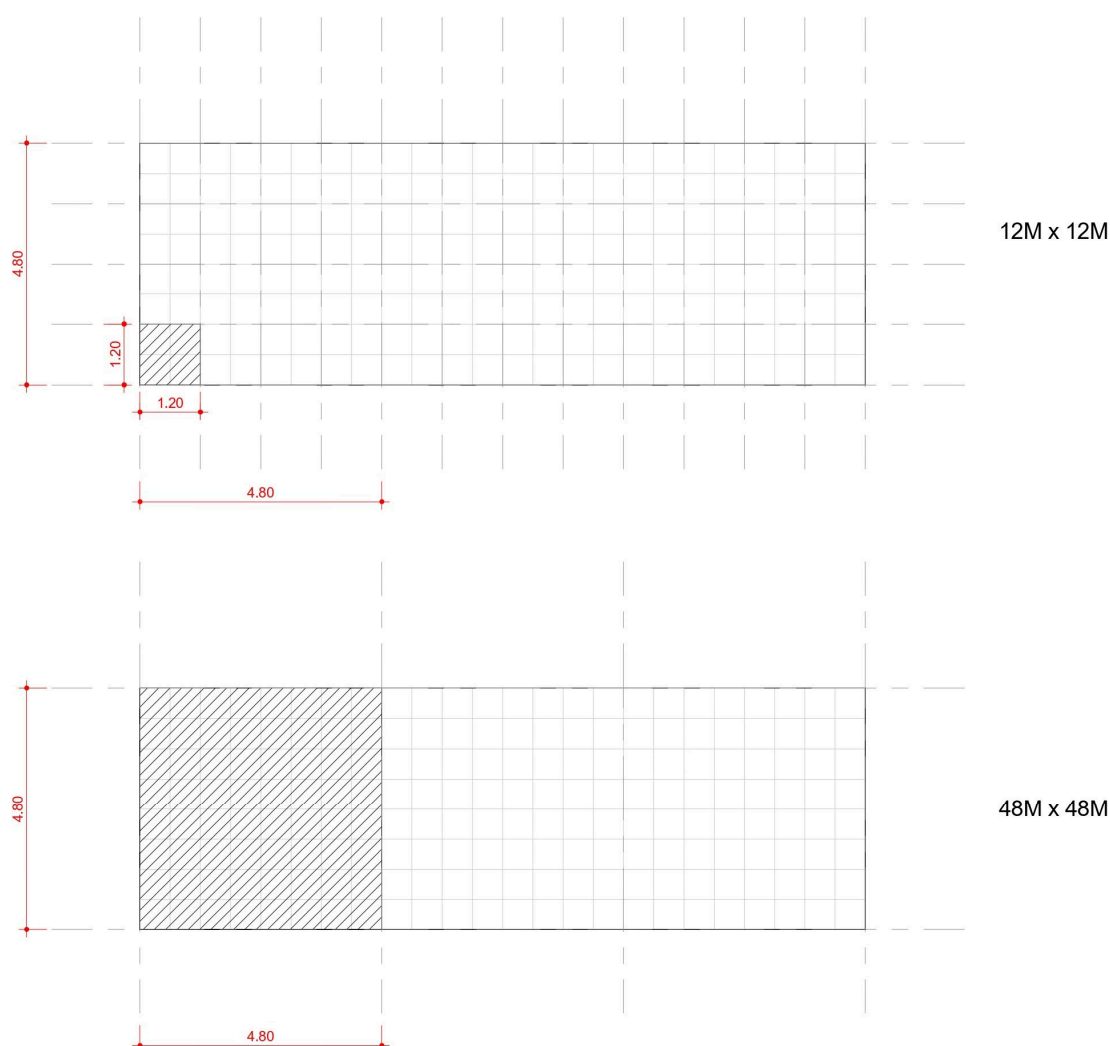
Figura 84 – Grão mínimo



Fonte: Elaborado pela autora

Por intermédio do quadriculado modular proposto na fundamentação (Figura. 7) de Greven e Baldauf (2007a), parametrizado inicialmente com um módulo básico, representado pela unidade de medida $M = 100 \text{ mm}$, e, logo após, com a premissa do grão mínimo = 1,2 m, obtém-se o módulo básico de medida de piso de 12M e o quadriculado modular do projeto de arquitetura proposto será de 12MX12M. Em seguida, visto aqui apenas como um pré-dimensionamento que em geral é utilizado em uma fase de estudo preliminar ou mesmo de anteprojeto de arquitetura, propõe-se um quadriculado modular de projeto estrutural de 48Mx48M.

Figura 85 – Quadriculado modular para o projeto de arquitetura e para projeto estrutural



Fonte: Elaborado pela autora

Por conseguinte, têm-se as seguintes unidades de medida modulares para fins de aplicação do método anunciadas na tabela a seguir (Tabela 5):

Tabela 5 – Resumo definições modulares do projeto

Nomenclatura	Dimensões	Observações
Quadriculado modular	M = 100mm	Unidade de medida
Quadriculado de projeto de arquitetura	12M = 1200mm (1,2m)	Módulo Básico de medida de piso. 12Mx12M
Quadriculado de projeto estrutural	48M = 4800mm (4,8m)	Multimódulo de medida de piso. 48Mx48M

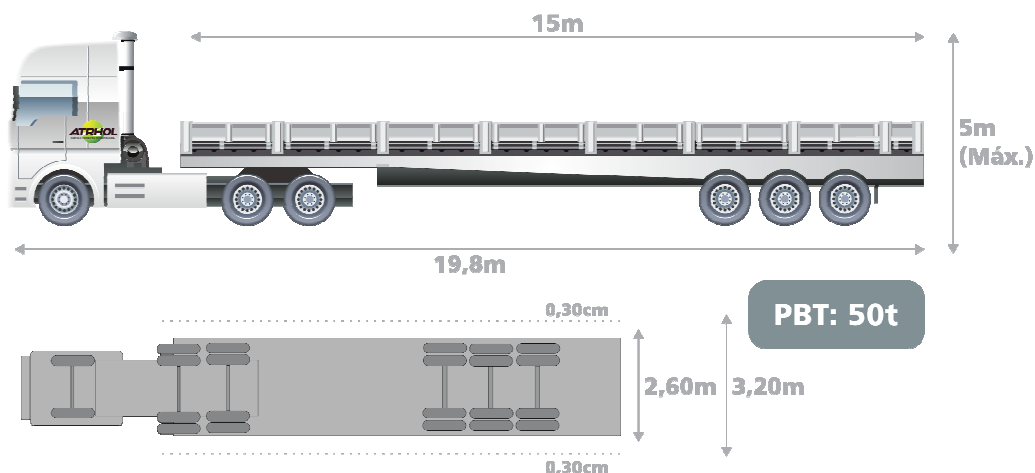
3.3.1.3 Multimódulos

Definido o módulo básico de medida de piso de 12Mx12M, nessa **terceira etapa**, a proposta é elaborar os multimódulos de medidas de piso levando em conta os ambientes das unidades do programa de necessidades identificado na primeira fase, juntamente com os fatores condicionantes. Isso inclui suas áreas mínimas, requisitos preliminares e a classificação das áreas como críticas, semi-críticas e não críticas, conforme especificado na RDC nº 50 (ANVISA, 2002).

Conforme exposto na fundamentação, os multimódulos representam múltiplos inteiros do módulo básico de medidas. Assim, com base nesse conceito e nas dimensões observadas nos módulos básicos ou multimódulos de medidas dos exemplos, é essencial definir, neste momento, os multimódulos a fim de obter um conjunto do módulo volumétrico tridimensional adequado aos projetos de EAS.

Juntamente com a premissa de não ultrapassar a largura regulamentar da Resolução CONTRAN Nº 246 (2021) para que não seja necessária autorização especial, a largura considerada é de até 2,60 m e comprimento útil de 15,00 m, incluindo os seus painéis de fechamentos. Os painéis de fechamento foram considerados com a espessura de 10 cm e se adéquam ao transporte. Considerou-se um caminhão tipo carreta.

Figura 86 – Carreta de referência



Fonte: <https://www.atrhol.com.br/pt/servicos/frota>

Durante a evolução desta fase, fez-se necessário conduzir testes em ambientes hospitalares pertinentes ao estudo conforme os fundamentos. Inicialmente, propõe-se analisar a internação, contemplando quarto privativo, semi-privativo e enfermaria com três leitos, além do banheiro do paciente. Na sequência, são identificadas as particularidades nas circulações com fluxos intensos e/ou em áreas críticas, bem como consultórios de diversas atividades e salas cirúrgicas de diferentes portes, que também integram essa atividade.

Ao longo desse tópico serão apresentadas as ilustrações referentes às experimentações dos multimódulos com os ambientes do programa de necessidades divididos nos tipos de multimódulos de medidas de piso definidos para a presente pesquisa.

Multimódulos de medida de piso Tipo 1 - 24Mx36M

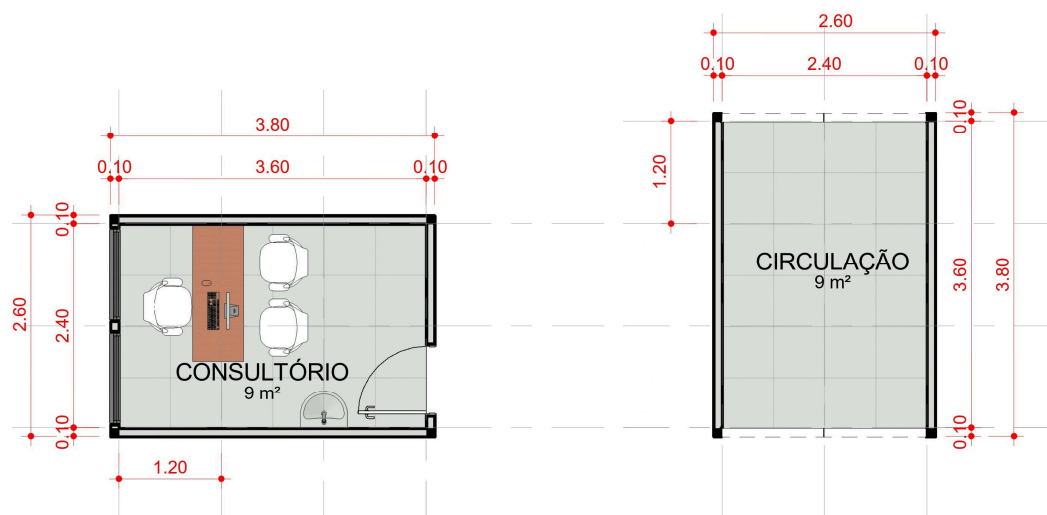
Tendo em vista que, o ponto de partida na criação de dimensões de módulos enquanto unidades independentes construídas na fábrica, é o módulo básico com medidas de piso de 12Mx12M, isto é, 1,20mx1,20m, a próxima dimensão múltipla que possibilita um multimódulo de medida de piso é de 24Mx24M, ou seja, 2,40x2,40m. Dimensões em que é possível prever, primitivamente, algum ambiente pertencente ao programa de necessidades de EAS, na forma isolada, como um módulo de medida de piso único. E na forma compositiva, identificam-se 6 unidades do módulo básico de medida de piso (12Mx12M) de forma retangular mantendo a exigência de transporte de largura máxima de 2,60 m, alcançamos as dimensões de piso de 24Mx36M, isso significa, 2,40 m x 3,60 m.

Para tal definição, procurou-se testar os módulos de medidas de piso em ambientes hospitalares bem usuais, tais como sanitários, consultórios, circulação de fluxo intenso em áreas críticas, os quais estão exemplificados na figura a seguir (Figura 87) com dois esboços realizados pela autora nesta etapa.

Em matéria dos centros clínicos, tem-se o encargo em satisfazer o módulo do consultório comum. Entre eles, na unidade funcional do atendimento ambulatorial, estão o Consultório indiferenciado, Consultório de serviço social – Consulta em grupo, Consultório de ortopedia, consultório odontológico (RDC nº50, 2002). À vista disso, examinou-se este compartimento com relação à aplicação do Sistema Modular Volumétrico com os multimódulos previamente estipulados.

Consultórios mais compactos e voltados para atendimentos individuais, como o consultório de terapia ocupacional e o consultório de fonoaudiologia, possuem uma área mínima de 7,5 metros quadrados, conforme a RDC nº 50 de 2002. Portanto, este multimódulo pensado nessa fase é uma alternativa viável de utilização.

Figura 87 – Consultório e circulação de fluxo intenso.



Fonte: Elaborado pela autora.

Após as primeiras experimentações, julga-se, do ponto de vista de funcionalidade e de flexibilidade e pré-requisitos estabelecidos ao longo do trabalho, mais apropriadas e interessantes tais dimensões demonstradas. Portanto, sendo definido neste trabalho 24M x 36M, isto é, 2,40 m x 3,60 m, as dimensões do primeiro multimódulo de medida de piso.

Logo, apoiado nestes aspectos apresentados, concluiu-se que o **multimódulo de medida de piso tipo 1** deve partir de **2,40 m x 3,60 m** (dimensões internas) e 2,60 m x 3,80 m (dimensões externas, portanto, essa é a medida do chassi de produção, sem revestimentos externos). Este primeiro multimódulo de medida de piso possui as 4 laterais de fechamento e pilares nas extremidades.

Dentro desta mesma linha verificou-se que é possível utilizar o multimódulo de medida de piso tipo 1 também em outros ambientes de tamanho pequeno a médio, tais como sala de atendimento individualizado, sala de preparo de paciente (consulta de enfermagem, triagem, biometria), sala de serviços a sala de curativos/suturas e coleta de material (exceto ginecológico), posto de enfermagem e área de prescrição médica; proporcionando assim uma larga escala em funcionalidade e flexibilidade de utilização.

Multimódulos de medida de piso Tipo 2 - 24Mx48M

Na modulação de piso de 12M procurou-se experimentar em qual tipo de módulo que irá se aplicar o Sistema Modular Volumétrico. Então, optou-se por iniciar o estudo com a unidade de internação, que é extremamente importante dentro programa de necessidades e demandas nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde Militares. A internação, marca a proposta de repetição, flexibilidade e produção industrializada presente no Sistema Modular Volumétrico, conforme já foi abordado no capítulo anterior. Além disso, trata-se de uma unidade funcional de papel fundamental nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Segundo a RDC nº 50 (ANVISA, 2002) a Unidade Funcional 3 são as internações, neste caso, utilizaremos mais especificamente o quarto de internação adulto.

Na unidade de internação, neste caso do estudo do tipo adulto, segundo a RDC nº 50 (ANVISA, 2002), a cada 30 leitos ou fração deve existir, no mínimo, um quarto para situações que requeiram isolamento. O número de leitos na enfermaria de adultos e adolescentes são de 3 a 6 leitos. No caso da enfermaria pediátrica o número máximo de leitos permitido, considerando crianças com até 2 anos de idade, são de 12 leitos.

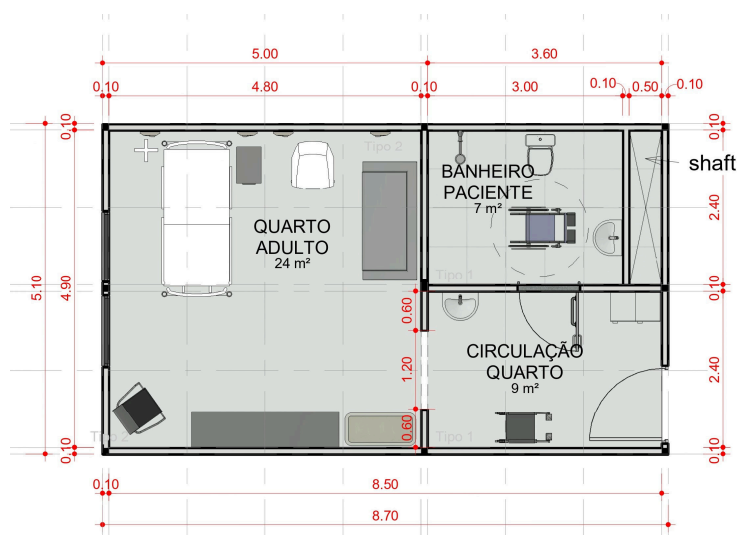
Realizou-se desenhos do quarto de internação adulto semi-privativo que, considerada a retirada de um leito, pode se transformar em um quarto de internação adulto privativo. Do mesmo modo, pode ser transformado em um quarto de enfermaria para 3 leitos de internação. A seguir algumas ilustrações dos estudos comentados. As evoluções deste estudo feitas pela autora encontram-se no APÊNDICE A.

No desenvolvimento de tais ensaios de quartos de internação extraiu-se um segundo multimódulo de medida de piso, que atende justamente aos requisitos para acomodar esse tipo de ambiente. Esse deve partir de 2,40 x 4,80m (dimensões internas) e 2,60 x 5,0 m (dimensões externas, portanto, essa é a medida do chassi de produção, sem revestimentos externos). Nesse caso possui até 3 laterais de fechamento e pilares nas extremidades. Se considerado o transporte, o caminhão carreta é capaz de transportar simultaneamente até 3 unidades iguais com as dimensões desse multimódulo de medida de piso.

Tornando a examinar o quarto de internação, apresenta-se a seguir (Figura 88) a ilustração do quarto adulto, tipo privativo, ou seja, aquele que contém apenas um leito. Nele foram utilizadas duas unidades do multimódulo de medida de piso de 24M x 48M. Posteriormente, a representação do estudo do quarto adulto, semi-privativo, isto é, com dois leitos utilizando os mesmos dois multimódulos de medidas de piso de 24M x 48M na área do quarto propriamente dito.

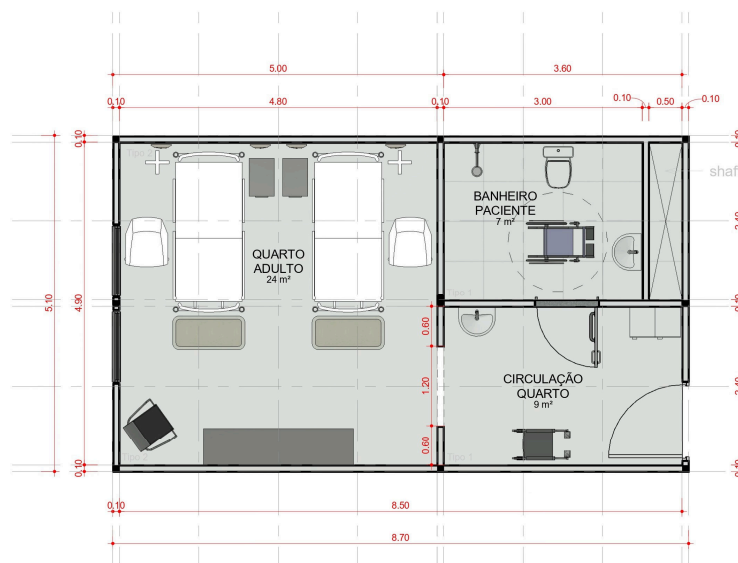
Nesses estudos insere-se um multimódulo de 24M x 36M pré-definido para o banheiro do paciente e para a área de acesso ao quarto, aqui chamada de circulação quarto. Além disso, há a previsão de um shaft para acomodar o grande número de instalações, muito recorrente nos ambientes hospitalares, conforme já foi citado.

Figura 88 – Estudo quarto privativo (um leito)



Fonte: Elaborada pela autora

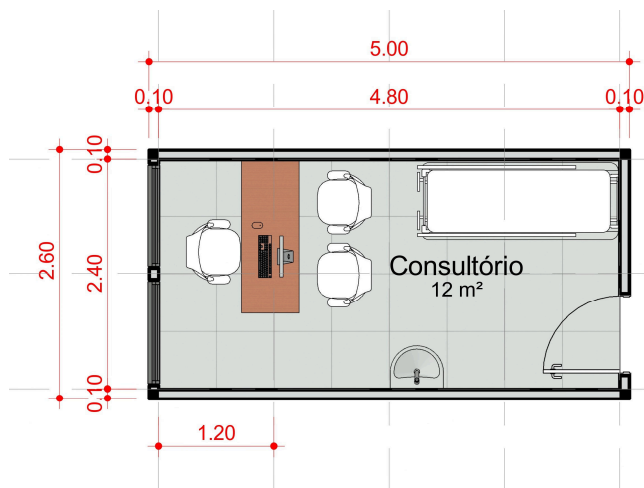
Figura 89 – Estudo primeiro quarto semi-privativo (dois leitos).



Fonte: Elaborada pela autora

Com a utilização do multimódulo de medida de piso tipo 2, também foi possível planejar outros ambientes que requerem uma dimensão maior, como é o caso, por exemplo, do consultório diferenciado (oftalmologia, ortopedia). cujas áreas costumam ser um pouco maiores do que as dos consultórios indiferenciados, devido aos equipamentos específicos utilizados. Além disso, foi constatado que o multimódulo tipo 2, com medidas modulares de 2,4 x 4,8 metros, atende a todas as exigências, podendo ser empregado como consultório genérico ou consultório de serviço social. Na imagem a seguir (Figura 90) encontra-se este esboço da experimentação realizada pela autora.

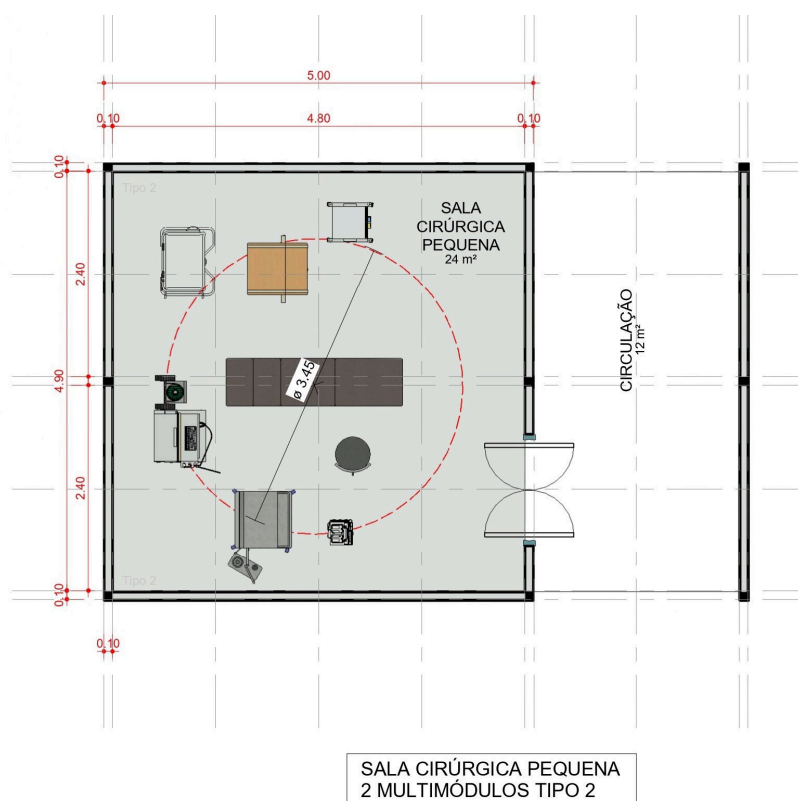
Figura 90 – Consultório diferenciado.



Fonte: Elaborada pela autora

Realizou-se também o estudo a fim de atender às salas cirúrgicas. No caso das salas cirúrgicas pequenas, a proposta é a combinação de dois multimódulos do tipo 2, de dimensões internas de 2,40 x 4,80 m cada, totalizando uma área útil de 25 metros quadrados, sem os painéis de fechamento do meio, neste caso, um módulo do tipo aberto em um dos lados. Segundo a RDC nº 50 de 2002, as dimensões mínimas são de 20 metros quadrados e um diâmetro mínimo de 3,45 m. Segue a ilustração do estudo (Figura 91).

Figura 91 – Estudo de conjuntos de multimódulos para formar a sala cirúrgica pequena.



Fonte: Elaborado pela autora

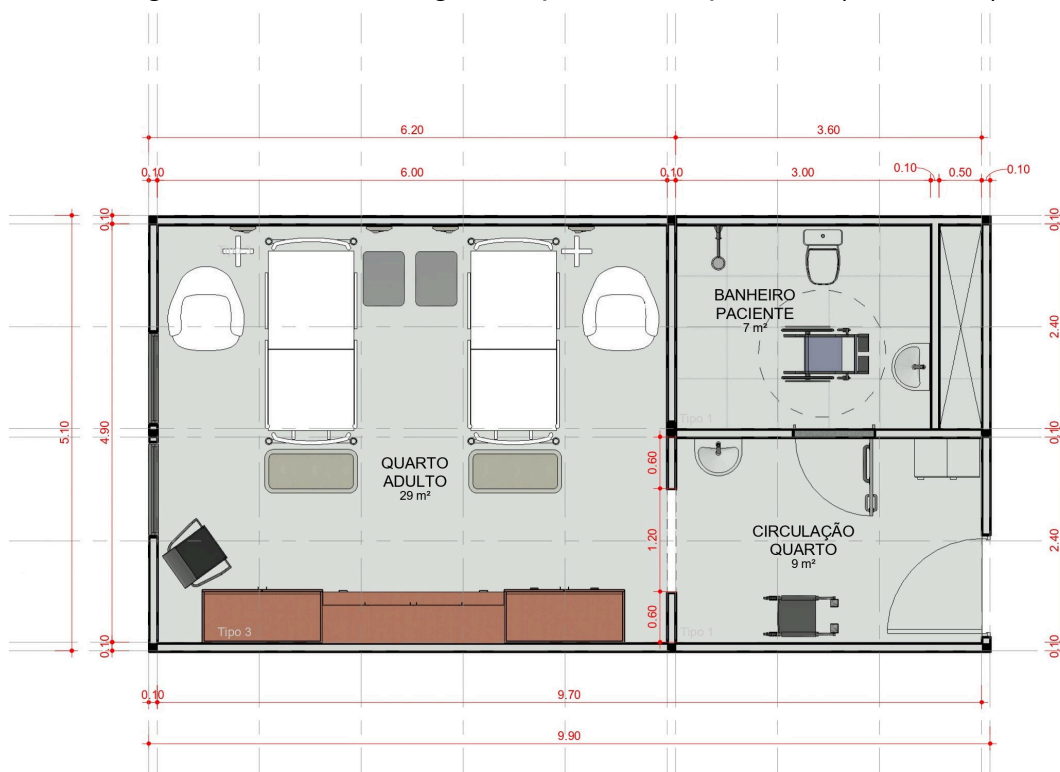
Enfim, conforme demonstrado, esse multimódulo de medida de piso tipo 2 se provou ser muito útil tanto na forma isolada, quando na forma compositiva.

Multimódulos de medida de piso Tipo 3 - 24Mx60M

Ainda no assunto dos quartos de internação, apresenta-se mais alguns estudos do quarto adulto, semi-privativo, isto é, com dois leitos utilizando agora o multimódulo de medidas de piso maior, de 24M x 60M. E, na sequência, a representação do projeto do quarto adulto, enfermaria, isto é, com três leitos utilizando o mesmo módulo de medidas de piso de 24M x 36M na área do quarto.

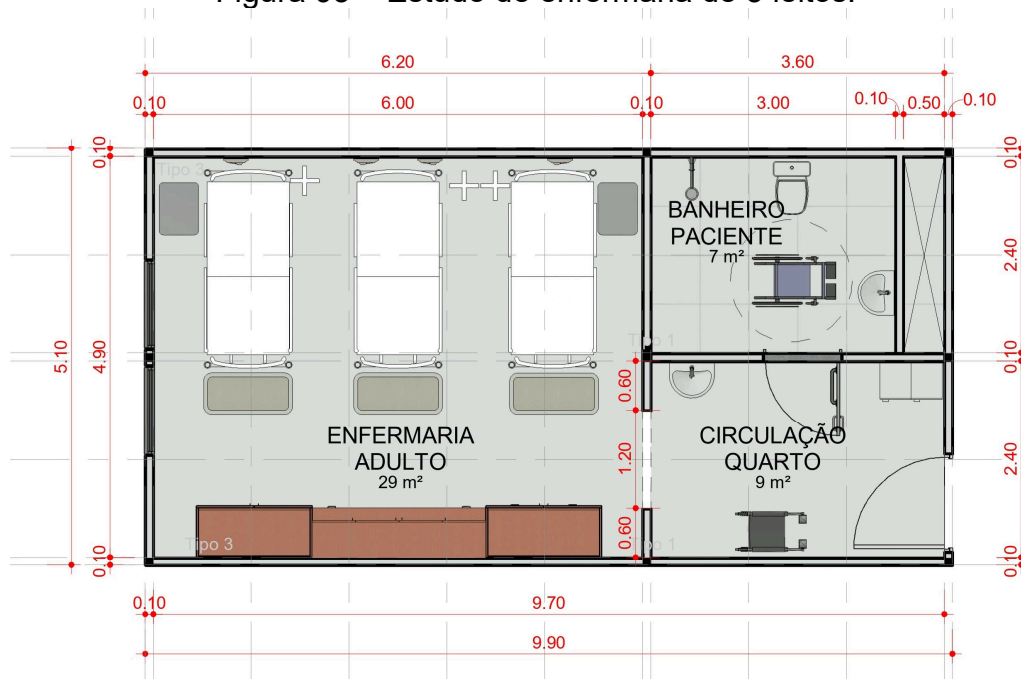
Com este tipo, é possível atribuir mais espaço ao quarto, sem prejudicar o sistema construtivo adotado, além de permitir um uso mais flexível, caso sejam necessários mais leitos em algum período específico.

Figura 92 – Estudo segundo quarto semi-privativo (dois leitos)



Fonte: Elaborado pela autora.

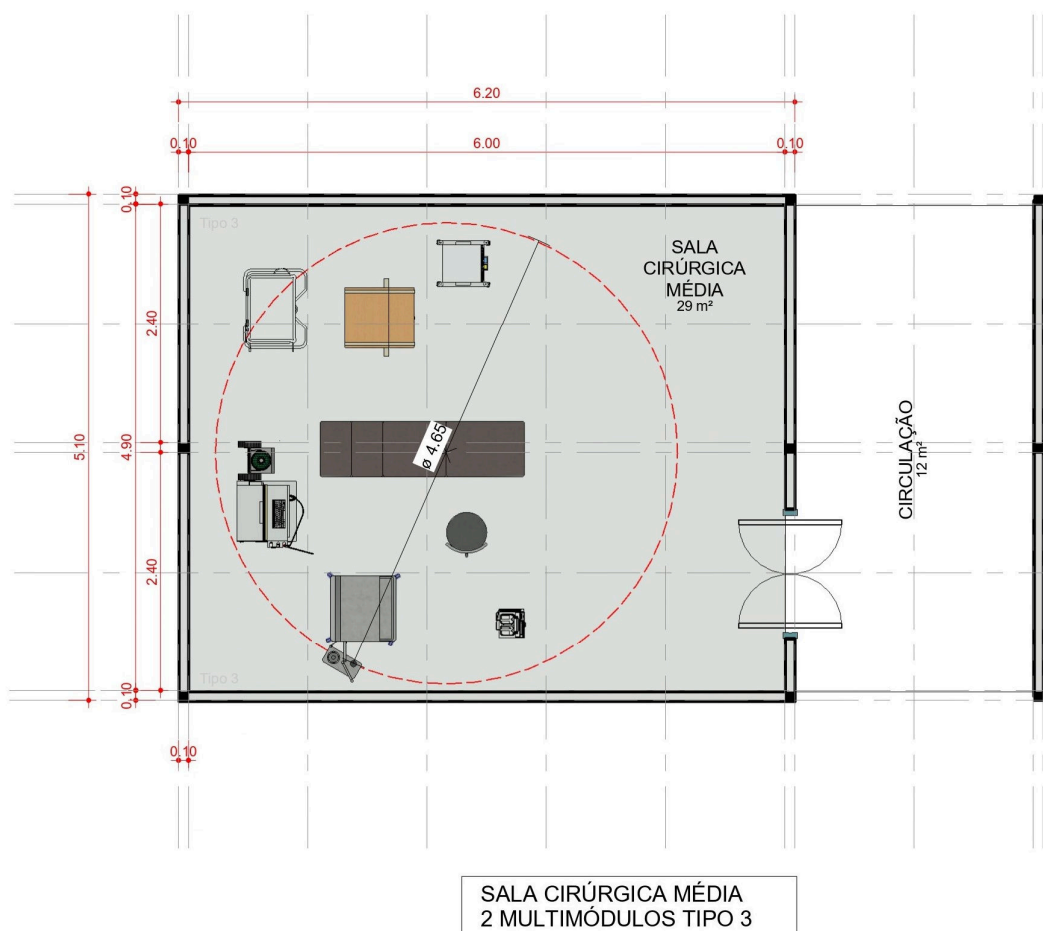
Figura 93 – Estudo de enfermaria de 3 leitos.



Fonte: Elaborado pela autora.

As salas cirúrgicas médias também podem ser compostas com um arranjo de duas unidades do multimódulo tipo 3, conforme ilustração a seguir (Figura 94) desenvolvida pela autora.

Figura 94 – Estudo de conjuntos de multimódulos para formar a sala cirúrgica média



Fonte: Elaborado pela autora.

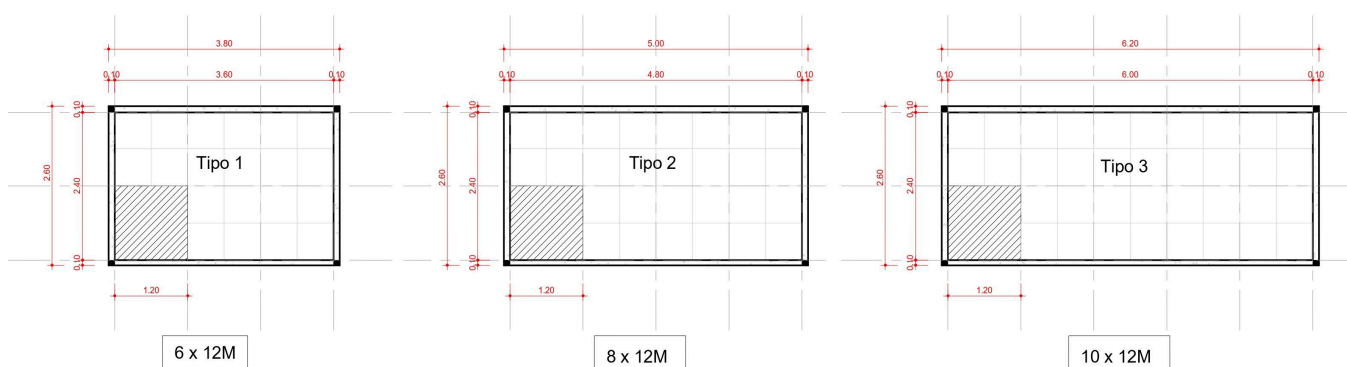
Dessa forma, diante das experimentações realizadas considerando ambientes do programa de necessidades, é preciso programar também um terceiro tipo de multimódulo com as medidas de 2,40 x 6,00m (dimensões internas) e 2,60 x 6,20 m (dimensões externas). Dessa forma, obtêm-se também um exemplar com maior comprimento para atender aos ambientes maiores, inclusive circulações mais prolongadas.

Quanto às circulações, com o objetivo de atender principalmente aquelas com maior movimento ou pertencentes a áreas críticas, foi considerado o uso de qualquer um dos multimódulos. De acordo com a RDC nº 50, a largura mínima estabelecida é de 2,00 metros, este é o ponto de partida, no entanto, para abranger também a norma NBR 9077/2001, que trata das saídas de emergência em edifícios, onde a largura das descargas não pode ser inferior a 2,20 metros para edifícios classificados como H-2 e H-3 de acordo com sua ocupação (NBR 9077, 2001). A NBR 9050/2020 também foi consultada e recomenda largura de 1,50m para a circulação de duas cadeiras de rodas. Dessa forma, a largura estabelecida para os três tipos, de 2,40 metros, atenderá a essas duas condições cruciais deste ambiente tão importante, conforme as justificativas apresentadas.

Os dados são de que ocupação H-2 inclui asilos, orfanatos, abrigos geriátricos, reformatórios sem celas e outros. A ocupação H-3, por sua vez, refere-se a Hospitais, casas de saúde, prontos-socorros, clínicas com internação, ambulatórios, postos de atendimento de urgência, postos de saúde, entre outros similares, que são o foco deste estudo (NBR 9077, 2001).

A intenção é que os multimódulos de medidas de piso possam, com efeito, ser compatíveis com funcionalidades variadas, porque assim serão economicamente viáveis perante à fabricação industrializada. Seguem demonstrado graficamente os padrões definidos neste momento quanto às dimensões dos multimódulos de medida de piso (Figura 95).

Figura 95 – Multimódulos de medida de piso



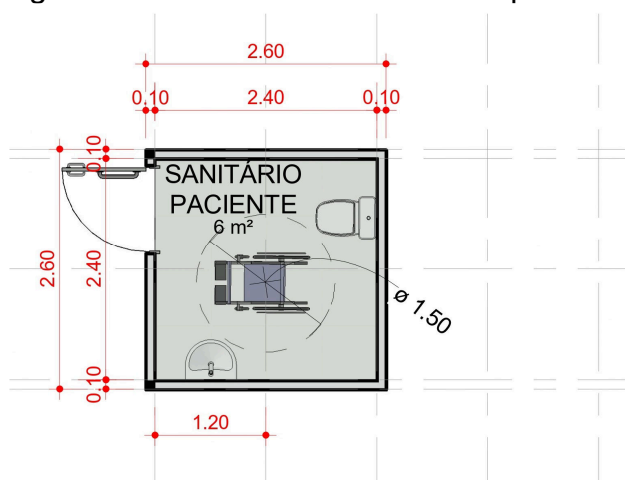
Fonte: Elaborado pela autora

Multimódulos de medida de piso Tipo 2A 24Mx24M e Tipo 2B - 24Mx12M

Em contrapartida, diante da aplicação em projetos de unidades inteiras, sentiu-se a necessidade de dois módulos menores. Optou-se por utilizar o mesmo chassi do multimódulo tipo 2, fracionando-o em duas partes. Portanto, o multimódulo nomeado de Tipo 2A possui 2,40 x 2,40m, (dimensões internas) e conta com o total de 2,60 x 2,60 m (dimensões externas) e o multimódulo nomeado de Tipo 2B possui 2,40x1,20m, (dimensões internas) e conta com o total de 2,60 x 1,40 m (dimensões externas).

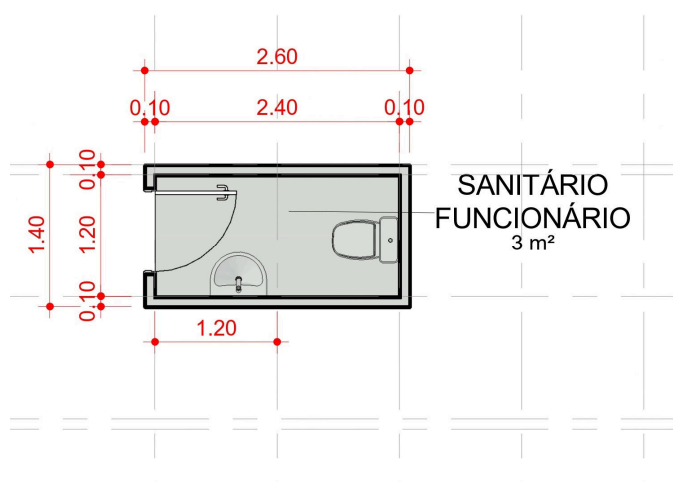
Seguem as ilustrações (Figura 96 e 97) dos estudos realizados pela autora nesta fase a fim de clarificar a necessidade de tais multimódulos de medidas de piso menores.

Figura 96 – Estudo em sanitário de paciente.



Fonte: Elaborado pela autora.

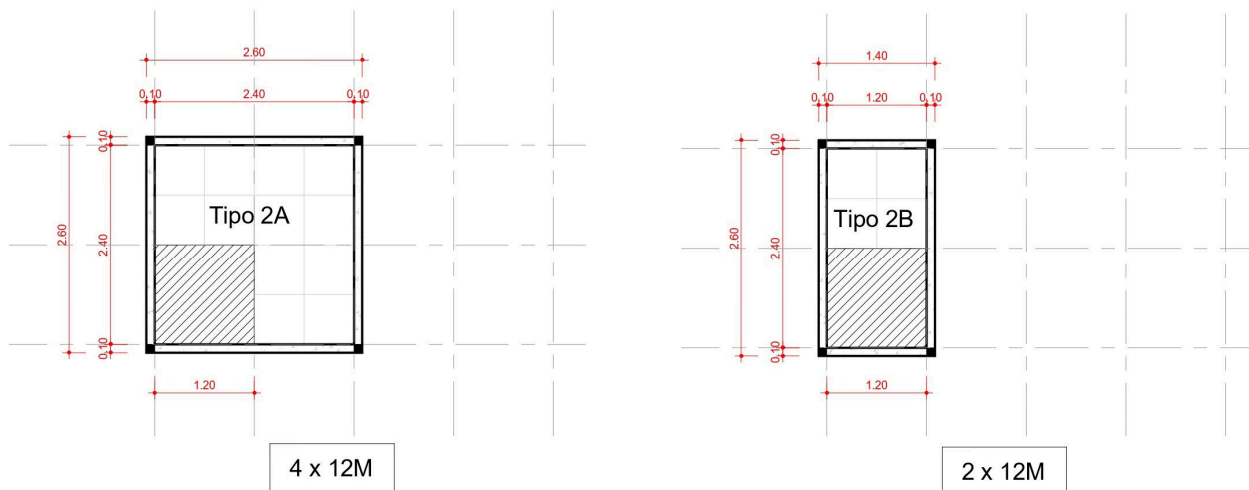
Figura 97 – Estudo em sanitário de funcionário.



Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, ao final desta etapa se inclui mais dois multimódulos conforme desenhado pela autora na ilustração a seguir (Figura 98).

Figura 98 – Multimódulos derivados do Tipo 2, 2A e 2B.



Fonte: Elaborado pela autora

A malha quadrada, quando projetada em terceira dimensão, gera uma rede espacial de pontos e linhas de referência. Nessa estrutura modular, qualquer quantidade de formas e espaços podem ser visualmente organizados (CHING, 1998).

A altura dos Módulos Volumétricos Tridimensionais ficará também vinculada ao módulo básico de 12M, portanto, utiliza-se para este projeto a altura de 3,80 m de altura externa. Internamente pode se elaborar um piso elevado e/ou espaço livre acima do forro, conforme visto em alguns exemplos, devido a necessidade de passagens das instalações e tubulações.

Para fins dessa aplicação, os Módulos Volumétricos Tridimensionais, baseados no módulo básico e nos multimódulos de medidas de piso, nomearam-se da seguinte forma:

Tabela 6 – Informações Módulos Volumétricos Tridimensionais

Nomenclatura do Módulo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 2A	Tipo 2B	Tipo 3
Dimensões internas (medida modular do compartimento)	2,40 x 3,60 x 3,60 (h) m	2,40 x 4,80 x 3,60 (h) m	2,40 x 2,40 x 3,60 (h) m	2,40 x 1,20 x 3,60 (h) m	2,40 x 6,00 x 3,60 (h) m
Dimensões externas (chassi)	2,60 x 3,80 x 3,80 (h) m	2,60 x 5,00 x 3,80 (h) m	2,60 x 2,60 x 3,80 (h) m	2,60 x 1,40 x 3,80 (h) m	2,60 x 6,20 x 3,80 (h) m
Número de unidades modulares	6 x 12M	8 x 12M	4 x 12M	2 x 12M	10 x 12M
Área útil	8,64m ²	11,52m ²	11,52m ²	11,52m ²	14,40m ²
Unidades no transporte de carreta (máximo 15m).	3	3	5	5	2

Fonte: Elaborado pela autora

Posteriormente, determinam-se os **incrementos submodulares**, definidos pela normativa como frações do módulo básico com os seguintes valores normalizados: $M/2 = 50 \text{ mm}$; $M/4 = 25 \text{ mm}$ e $M/5 = 20 \text{ mm}$.

As dimensões dos incrementos submodulares possibilitam expandir os três tipos de módulos volumétricos tridimensionais, tornando o sistema modular mais versátil na elaboração de um layout arquitetônico para atender às necessidades do programa de necessidades do EAS previsto. Dessa forma, com base nas definições anteriores, determinam-se neste estudo os seguintes incrementos submodulares: 600 mm; 300 mm e 200 mm (0,60m; 0,30m; 0,20m).

A partir das premissas da modulação, das dimensões dos incrementos submodulares e dos fatores condicionantes delinearam-se fatias que passam a configurar as dimensões de novos tipos de módulos. O ponto de partida do desenvolvimento dos submódulos dá-se com base nas dimensões dos três multimódulos determinados previamente, obedecendo à proporção de 0,60m; 0,30m e 0,20m e eixos viáveis para fins de transporte rodoviário, conforme já foi observado.

Então a dimensão de largura de 2,40m não se altera, pois a variação se dá apenas no comprimento do módulo, no qual é somado o valor de incremento. As dimensões de incremento submodulares serão: 2,40m x 0,60m; 2,40m x 0,30m; 2,40m x 0,20m.

Nesse cenário, organizam-se, neste momento, as possibilidades de submódulos a serem aplicadas, conforme demanda de projetos. Para tanto, apresentam-se da seguinte forma:

Tabela 7 – Lógica dos submódulos

Dimensões internas + incrementos submodulares	Módulo tridimensional	Módulo + M/2 = 0,60m	Módulo + M/4 = 0,30m	Módulo + M/5 = 0,20m
Dimensões internas Tipo 1	2,40 x 3,60 x 3,60 (h) m	2,40 x 4,20 x 3,60 (h) m	2,40 x 3,90 x 3,60 (h) m	2,40 x 3,80x 3,60 (h) m
Dimensões internas Tipo 2	2,40 x 4,80 x 3,60 (h) m	2,40 x 5,40 x 3,60 (h) m	2,40 x 5,10 x 3,60 (h) m	2,40 x 5,00 x 3,60 (h) m
Dimensões internas Tipo 2A	2,40 x 2,40 x 3,60 (h) m	2,40 x 3,00 x 3,60 (h) m	2,40 x 2,70 x 3,60 (h) m	2,40 x 2,60 x 3,60 (h) m
Dimensões internas Tipo 3	2,40 x 6,00 x 3,60 (h) m	2,40 x 6,60 x 3,60 (h) m	2,40 x 6,30 x 3,60 (h) m	2,40 x 6,20x 3,60 (h) m

Fonte: Elaborado pela autora

Logo, da mesma forma que temos as medidas pré-definidas para a montagem das variações dos módulos, temos também determinadas medidas mínimas para projetar os ambientes dos Estabelecimentos Assistências de Saúde. Os resultados das evidências entre o estudo das dimensões dos módulos, concomitante à sua aplicabilidade nos ambientes, estão reunidos na tabela dos tipos dos módulos apresentada no capítulo 4.

3.3.1.4 Tipos de módulos e Layouts

Na etapa 4 buscou-se reforçar os testes nos módulos volumétricos tridimensionais definidos na etapa anterior, aplicando o layout básico dos ambientes mais relevantes. Para isso, estabeleceu-se como referência o layout dos ambientes conforme o Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde, o SOMASUS.

O SOMASUS é composto por quatro volumes divididos por unidades funcionais, gerado através de uma pesquisa conduzida pelo Ministério da Saúde, em colaboração com o Grupo de Estudos em Arquitetura e Engenharia Hospitalar (GEA-hosp) da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia e o Instituto de Engenharia Biomédica (IEB) da Universidade Federal de Santa Catarina. Essa

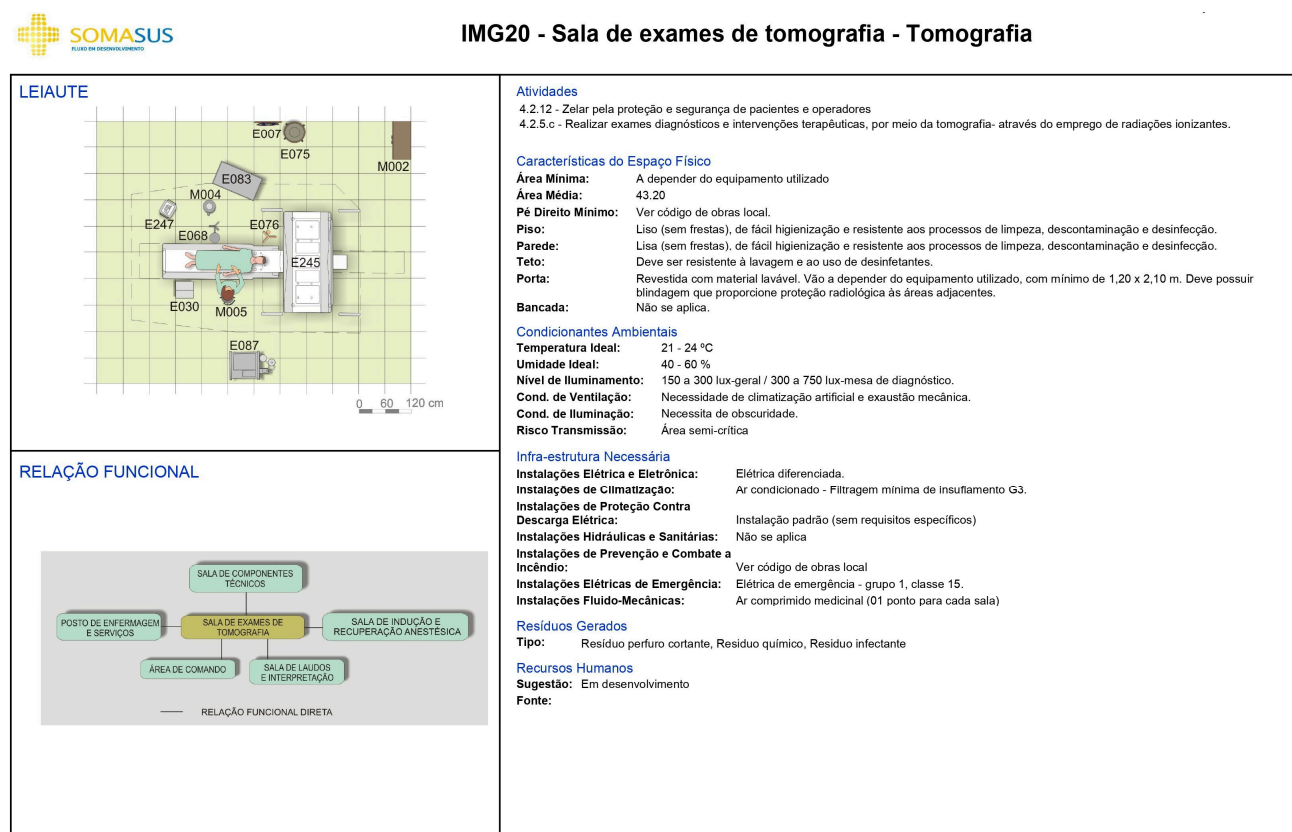
parceria contribuiu significativamente para o aprimoramento do Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde (SOMASUS), cujo portal online, que atualmente passa por uma atualização, trata-se de uma valiosa fonte de informação para profissionais que atuam na área de infraestrutura de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde. (BRASIL, 2011)

Seguindo a mesma lógica dos estudos praticados anteriormente, apresentam-se os layouts básicos da internação contemplando os quartos privativos, semi-privativos e enfermarias com três leitos, além dos banheiros dos pacientes. Após, as salas de exames e as salas cirúrgicas nos tamanhos pequena e média.

A seguir (Figura 99), o exemplo de layout informações apresentados para o quarto de adulto na unidade funcional 3, Internação. Tais informações consultadas no SOMASUS foram consideradas ao estudo para programação dos layouts mínimos.

A fim de complementar este tópico, segue uma ilustração de ficha retirada do sistema on-line (atualmente em atualização) emitida em outubro do ano de 2023 (Figura 103). Conforme se verifica, é possível identificar as informações da sala de exames de tomografia, das quais é possível extrair-se os estudos de layout. Além do layout e relações funcionais, tem-se as características do espaço físico, aspecto bastante relevante ao projeto de arquitetura.

Figura 103 – Layout sala de exames de Tomografia

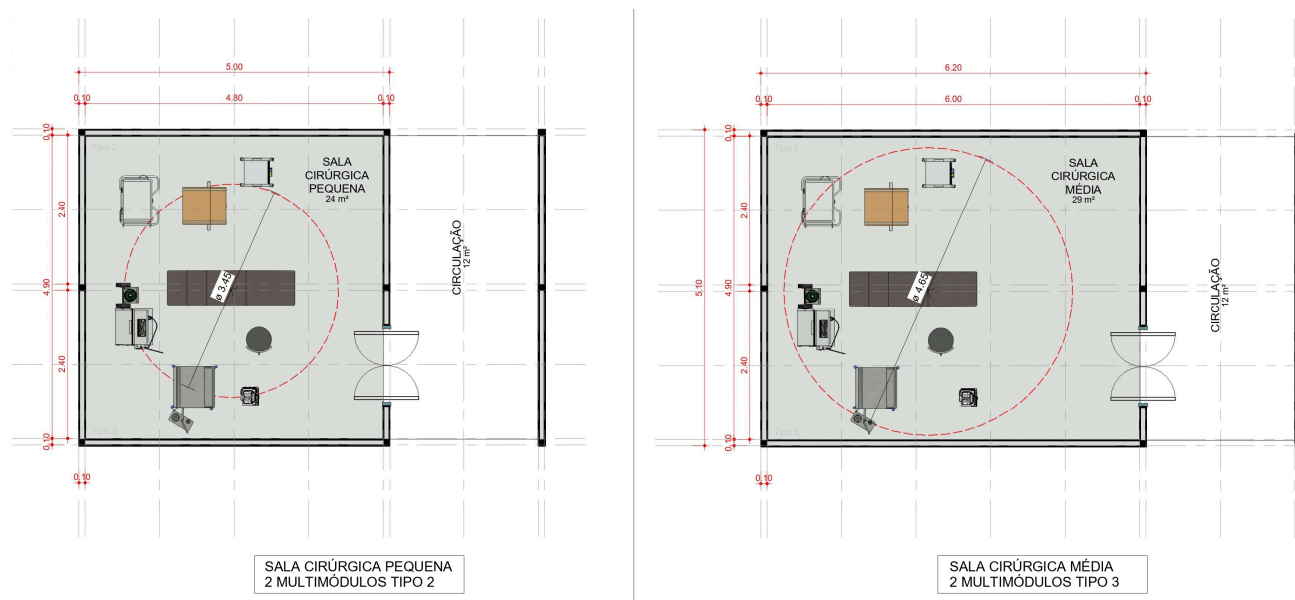


Fonte: SOMASUS (BRASIL, 2013)

Nessa etapa surgem mais algumas experimentações com o layout e o multimódulo de medidas de piso tipo 3, a fim de servir a Unidade do Centro Cirúrgico, mais especificamente às salas cirúrgicas pequenas, médias e grandes. Além delas, pensou-se também nas salas de exames, por se tratarem de uma demanda recorrente entre os locais pesquisados durante a etapa inicial do programa de necessidades.

As salas cirúrgicas médias são constituídas da combinação de dois multimódulos do tipo 3, de dimensões internas de 2,40 x 6,00 m cada, totalizando uma área útil de 29 metros quadrados. A seguir estão demonstrados os estudos (Figura 104).

Figura 104 – Estudo de conjuntos das salas cirúrgicas.



Fonte: Elaborado pela autora

3.3.1.5 Soluções Compositivas

O Edifício modular nada mais é do que um ou mais módulos que se conectam no terreno para então formar um conjunto idealizado e que serão fixados nas fundações previamente preparados para recebê-los (TERIBELE, 2016). Com base nisso, na **etapa 5** elaborou-se um estudo com diversas soluções compositivas combinando tais tipos de módulos que resultaram no edifício modular. As soluções se baseiam nas três principais características do EAS: funcionalidade, expansibilidade e flexibilidade, conforme justificativas presentes no capítulo 2.2.3.

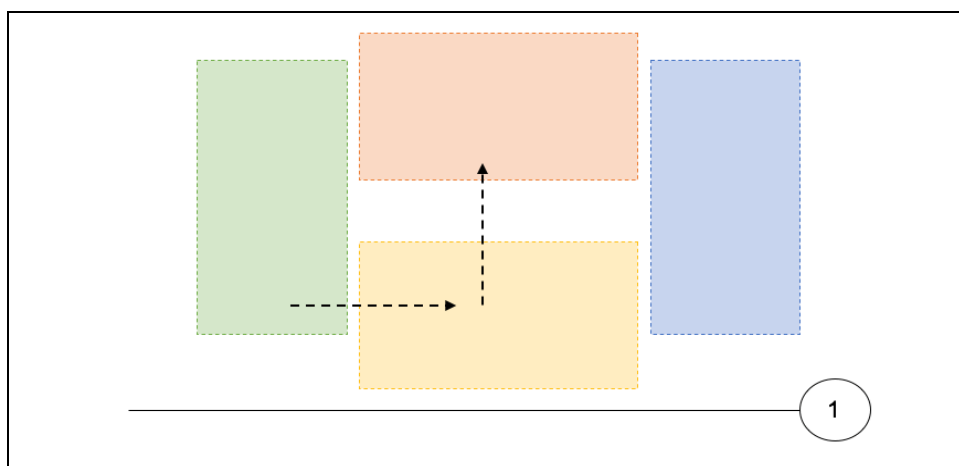
Ao utilizar a abordagem das unidades mais relevantes, foram escolhidas diferentes unidades para a realização deste estudo combinatório dentro e fora do ambiente do hospital. As unidades presentes no ambiente hospitalar incluem: **Internação (quartos), Centro Cirúrgico e Central de Material Esterilizado (CME)**. Fora do âmbito hospitalar, temos: **Ambulatórios e Centros Clínicos**. Além disso, estas unidades selecionadas refletem significativamente o programa de necessidades detalhado na primeira etapa.

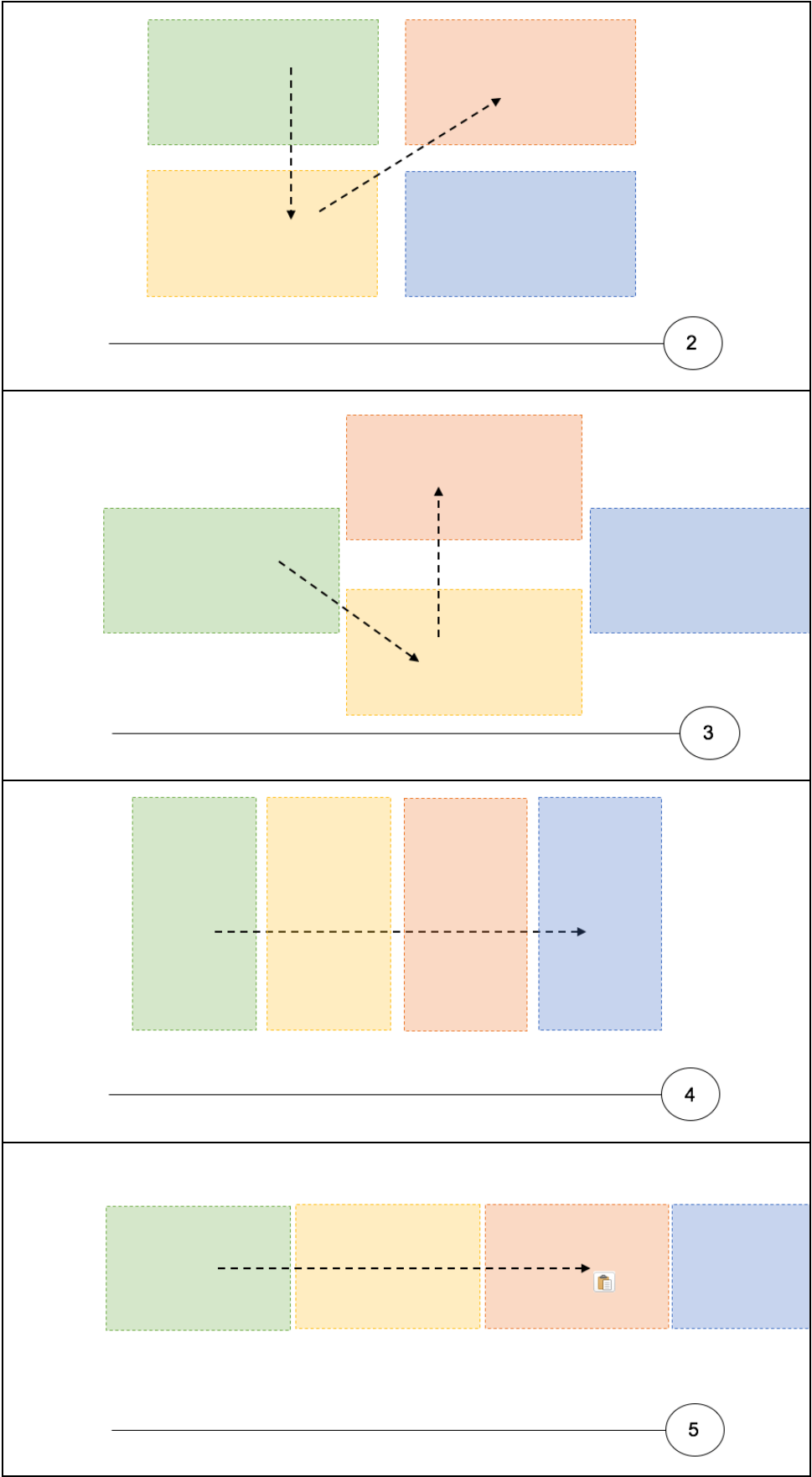
O programa de necessidades do hospital exige variabilidade compositiva devido aos diferentes condicionantes de implantação dos projetos para os Estabelecimentos Assistenciais de Saúde, tais como: espaço disponível, áreas mínimas exigidas, fluxos, zoneamento das unidades funcionais, áreas de ventilação e iluminação, entre outros.

Em um primeiro momento, realizaram-se estudos utilizando o **zoneamento e fluxos do paciente** como um tipo de combinação apresentados no quadro (Quatro 7) a seguir. No APENDICE B encontram mais esboços do que foi realizado neste momento. A unidade deste ensaio foi o **Ambulatório** ou Posto Médico como é conhecido dentro do âmbito militar. Essa unidade foi eleita por se tratar de uma demanda recorrente dentro da Organização Militar, atualmente.

O Plano do Zoneamento por cores é uma forma de visualizar a Unidade do Ambulatória de uma forma mais ampla para depois entrar de forma mais específica na aplicação do Sistema Modular Volumétrico. A legenda organiza-se da seguinte forma: Recepção e espera (Verde); Serviços de enfermagem (amarelo); Consultórios (laranja) e Apoio Logístico e administrativo (Azul). As setas indicam o fluxo do paciente.

Quadro 7 – Estudos de composição por zoneamento e fluxo paciente



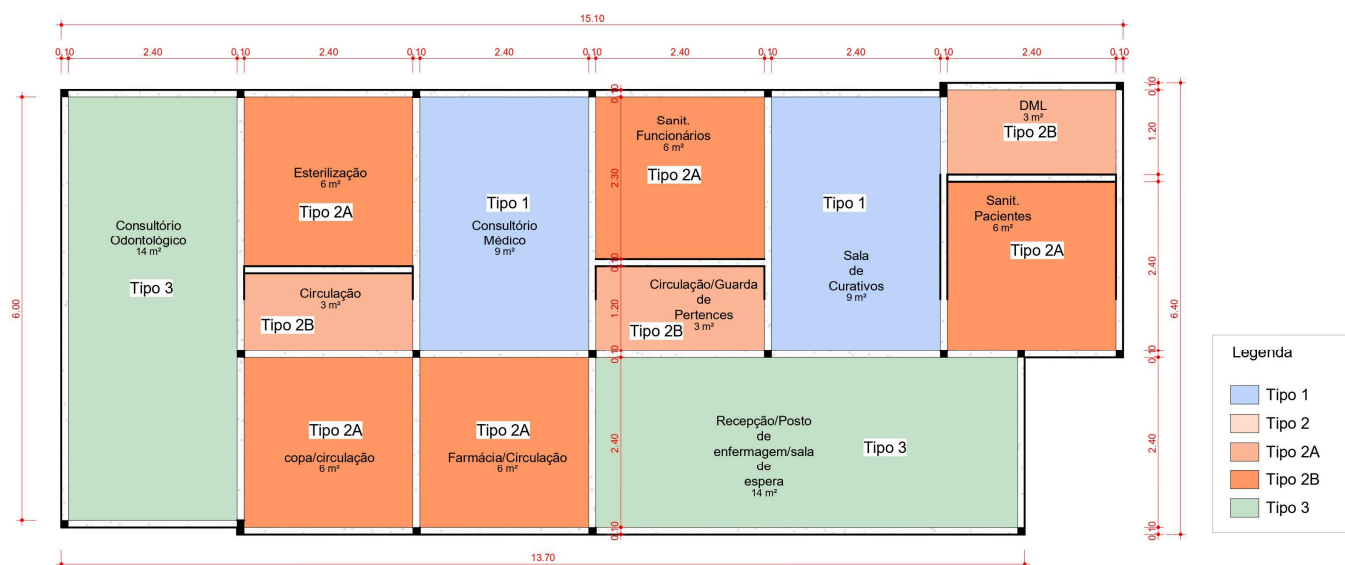


Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, nesta mesma fase, realizou-se um ensaio utilizando um projeto existente elaborado pela autora para um **Ambulatório** de pequeno porte em uma Organização Militar localizada no interior do Rio Grande do Sul. O intuito foi simular a instalação dos tipos de módulos volumétricos tridimensionais estabelecidos nas etapas anteriores.

Trata-se de um projeto de adequação e ampliação de um ambulatório, cujo programa de necessidades prevê um consultório médico, um consultório odontológico e uma sala de curativos. Há também a recepção junto à pequena sala de espera, além dos ambientes de apoio de sanitários, DML.

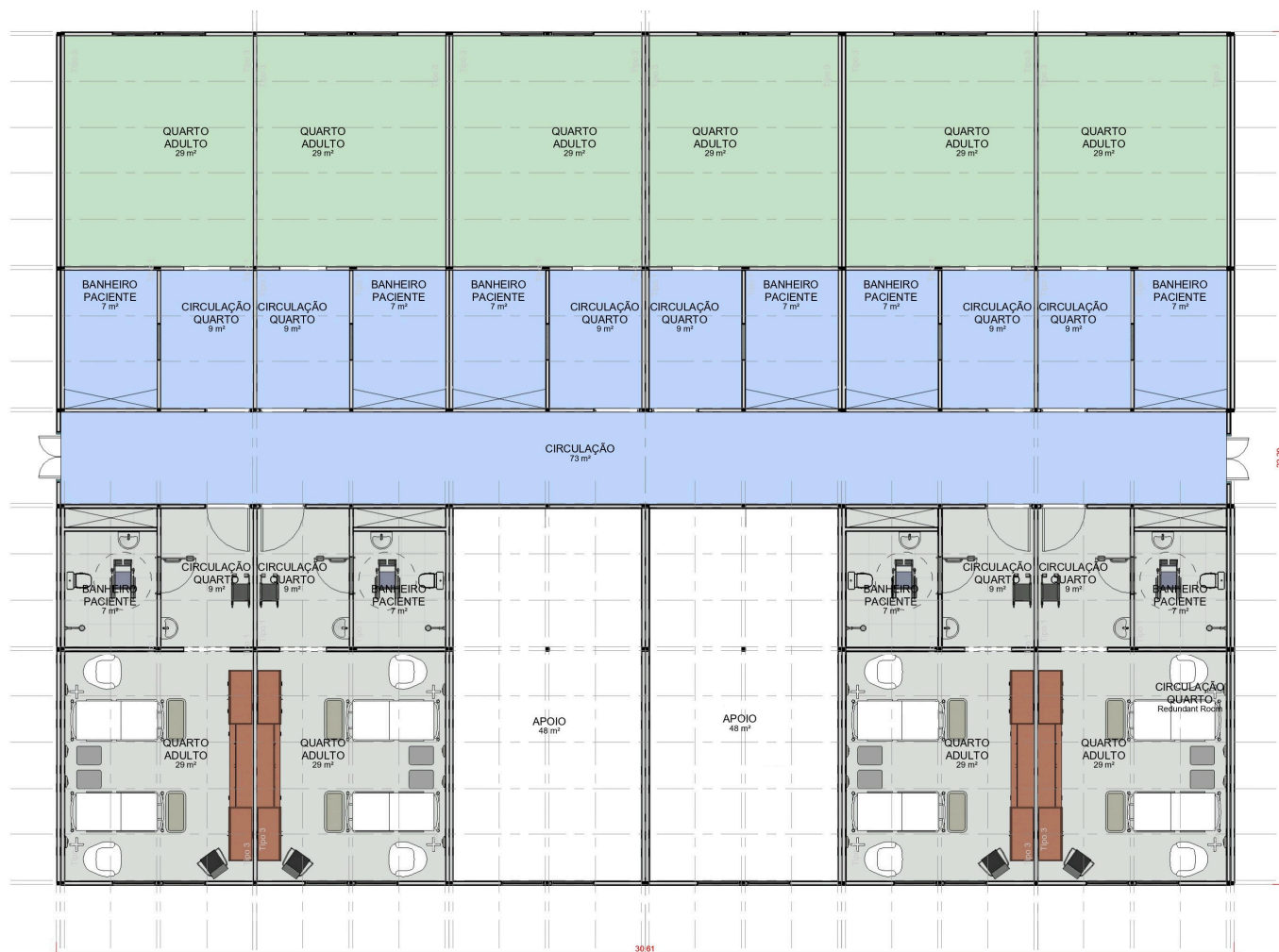
Figura 105 – Conjunto de módulos combinados para o projeto de um ambulatório



Fonte: Elaborado pela autora

Nesta etapa, realizou-se também uma experimentação de uma **unidade de internação** com a circulação duplamente carregada. Pensando nas unidades militares, foram considerados 20 leitos para o estudo, nos quais os quartos são semi-privativos, podendo então se tornar privativo com a retirada de um leito caso seja exigido. O programa de necessidades prevê alguns ambientes de apoio que ficariam na área central, juntamente com posto de enfermagem que necessita ficar mais centralizado.

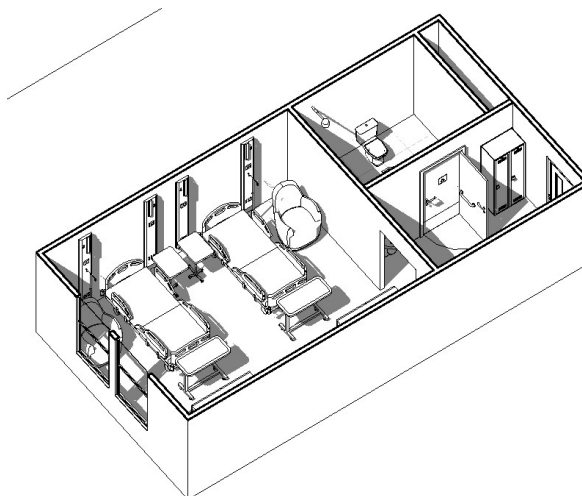
Figura 106 – Estudo compositivo unidade internação



Fonte: Elaborado pela autora

Também é possível observar nesta combinação que, se consideramos o quarto, a circulação interna do quarto e o banheiro do paciente, agrupados como unidade tridimensional única, têm-se o total de 12 módulos acrescidos das circulações.

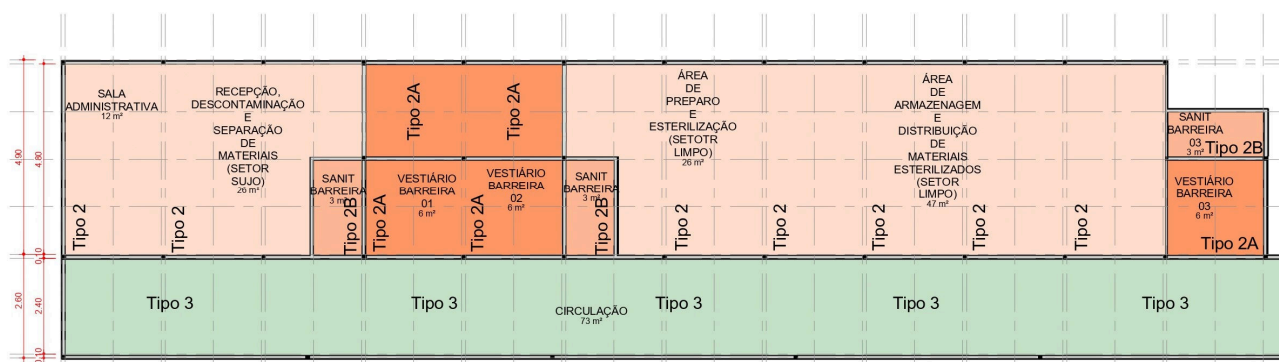
Figura 107 – Perspectiva de uma possibilidade de internação.



Fonte: Elaborado pela autora.

E, por fim, foi realizado um estudo em mais uma unidade, a **central de material esterilizado (CME)**. Trata-se de um projeto desenvolvido pela autora para um hospital militar. O programa de necessidades inclui as áreas do setor sujo e limpo, com os seus respectivos, vestiários barreira e sanitário barreira, exigidos por norma. Na ilustração (Figura 108) é possível visualizar a circulação do hospital.

Figura 108 – Estudo compositivo unidade CME



Fonte: Elaborado pela autora

Os estudos com os módulos foram desenhados em software CAD. Os estudos compositivos iniciais apresentados foram feitos no software Revit (Autodesk).

3.3.1.6 Diretrizes projetuais – passo a passo da metodologia projetual

Diante dos estudos realizados, nessa última etapa, é possível reunir fundamentos elencados durante o desenvolvimento da pesquisa no intuito de transformá-los em diretrizes para os ambientes específicos de saúde.

Retomando a temática da pesquisa que trata de estabelecer diretrizes projetuais para a elaboração de projetos de adequações e expansões em unidades de saúde com o uso do Sistema Modular Volumétrico, é possível elencar e sistematizar, juntamente com a análise do sistema construtivo, as seguintes proposições:

- 1) A primeira diretriz é, ao definir-se o trabalho a partir do Sistema Modular Volumétrico, estabelecer o quadriculado modular para o projeto arquitetônico do EAS, já avaliando os limites de terreno disponíveis para tal implantação de uma nova edificação ou a expansão de uma existente.
- 2) Sugere-se o uso da modulação de 1,20 m que, para os estabelecimentos assistenciais de saúde, mostrou-se, por fundamentos e aplicações, ser interessante do ponto de vista das dimensões exigidas em normativas, além de permitir a produção industrializada, sendo uma unidade de medida múltipla de padrões existentes na indústria. A fim de obter flexibilidade, é possível incluir no partido arquitetônico os incrementos submodulares para algum ajuste necessário;
- 3) É necessário, logo no início do projeto, definir o tipo de módulo a ser aplicado. Recomenda-se realizar essa etapa juntamente com a equipe de execução das unidades tridimensionais existentes em fábrica, a fim de se oportunizar a utilização dos chassis pré-existentes, reduzindo assim custos adicionais à execução;
- 4) Logo após, retornando ao estudo de projeto arquitetônico, aconselha-se projetar o layout básico dos ambientes de acordo com as

normativas, pois assim será possível diagramar as funcionalidades e flexibilidades desejadas;

- 5) Caso sejam criados novos chassis, recomenda-se a definição das dimensões do módulo, multimódulo e incrementos modulares com o propósito de já avaliar custos estimados, inclusive de transportes, porque a todo tempo é preciso verificar se o que está sendo proposto é viável economicamente também;
- 6) Após definido os módulos e multimódulos, deve-se planejar uma previsão de instalações (abastecimento de água, esgoto, rede de gases medicinais, elétrica, etc), uma vez que neste tipo de edificação destinada à saúde, o volume necessita de atenção durante a fase de projeto;
- 7) E, por fim, os aspectos da funcionalidade, flexibilidade e expansibilidade devem estar sempre acompanhando o processo projetual de sistema modular atrelado à tipologia dos EAS, foco dessa pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em virtude da metodologia aplicada, os resultados e discussões são apresentados da seguinte forma:

4.1 Avaliações do Artefato

A avaliação do artefato é realizada de maneira exploratória, por meio de testes realizados com módulos básicos e multimódulos de medição de piso, levando em conta a concepção dos ambientes de forma individual e também como unidades funcionais para EAS. Essa seção dedica-se às análises destes ensaios das composições e das discussões levantadas durante o processo de elaboração.

Retomando a questão da conscientização do problema, avaliou-se que é possível planejar módulos volumétricos tridimensionais a partir de multimódulos de medidas de piso para a utilização em projetos de EAS.

Quanto ao programa de necessidades, é possível valer-se do programa de necessidades praticado pela autora, o qual segue as normativas e experiência profissional, e aplicar os tipos de módulos tridimensionais planejados considerando os layouts de cada compartimento. Com base na análise realizada, foram desenvolvidas e modeladas variantes próprias dos módulos, os mais adequados para a construção de hospitais.

Identificou-se nas análises que é possível também utilizar o Sistema Modular Volumétrico em áreas diversas dos edifícios de saúde. Tanto em novas construções, muitas vezes anexas às instalações de hospitais existentes e interligados por circulações fechadas, quanto em locais mais específicos, por exemplo, uma nova sala de exames.

4.2 Explicitações das Aprendizagens (análise)

Neste tópico é possível retomar a identificação do problema e reunir alguns entendimentos percebidos durante a pesquisa e aplicação do método de uma forma geral. Os pontos a destacar são:

Ao simular a implementação dos tipos de módulos volumétricos estabelecidos em um Ambulatório, foi possível encaixar os módulos nos

espaços necessários deste projeto sem grandes dificuldades. Nesse cenário e considerando as demais experimentações realizadas, conclui-se que é possível alcançar tal solução de projeto com o uso do Sistema Modular Volumétrico em um curto prazo de tempo;

- a) Ao utilizar a unidade de medida de modulação de 1,2 m como referencial, obteve-se vantagens em alguns ambientes, mas em outros as dimensões ficaram mais estreitas ou mais dilatadas;
- b) Foi possível perceber que é necessário incluir nas dimensões as espessuras dos fechamentos/paredes durante o desenvolvimento de um projeto arquitetônico com o uso do sistema volumétrico modular.
- c) Constatou-se que o módulo com dimensões de 2,40m x 3,60 m, no quesito da funcionalidade, atende ao banheiro do paciente.
- d) Explorou-se algumas unidades de forma mais isolada, como as questões específicas estudadas do quarto de internação, circulações e salas cirúrgicas com o intuito de buscar maneiras de otimizar a aplicação do Sistema Modular Volumétrico;
- e) Nas experiências com os quartos de internação, utilizou-se a estratégia de até três capacidades de internação distintas com as mesmas características e dimensões do ambiente, sendo necessária apenas a inclusão ou retirada de mobiliários e equipamentos que se fizerem necessários. Portanto, em um único módulo, foi possível planejar um leito privativo, dois leitos ou três leitos na enfermaria.
- f) Na composição, criou-se uma forma arquitetônica racional, comum ao sistema construtivo modular, porém passível de estudos com reentrâncias ou saliências a fim de aprimorar a volumetria arquitetônica e seu caráter;
- g) Em geral, e com base na experiência da autora, o primeiro passo de um projeto de arquitetura de ambientes de saúde é a consulta às normativas e, posteriormente, a apresentação de um programa de necessidades mínimo ou demandado.
- h) Sendo assim, logo após experimentar os módulos na unidade do ambulatório, fez-se necessário organizar os multimódulos dentro do programa já previsto. Feito isso, nota-se que, com poucas variações de

módulos, é possível validar o sistema nessa categoria de EAS. O processo deu-se sem maiores dificuldades.

- i) Foram utilizados os seguintes multimódulos:

Tipo 1 (dimensões internas do compartimento 2,40x3,60m) – total utilizado 2 unidades;

Tipo 3 (dimensões internas do compartimento 2,40x6,00m) – total utilizado 2 unidades;

Tipo 2A (dimensões internas do compartimento 2,40x2,40m) – total utilizado 5 unidades.

Tipo 2B (dimensões internas do compartimento 2,40x1,20m) – total utilizado 3 unidades.

Portanto, nesta unidade, com o total de 12 unidades modulares, seria possível executar toda a edificação modular.

- j) No caso da unidade de internação, também foi possível empregar módulos de maneira descomplicada, e, como as medidas dos módulos já haviam sido estudadas anteriormente, rapidamente o conjunto de módulos resultou na unidade.

- k) Foram estipulados o total de 20 leitos e foram utilizados os seguintes multimódulos:

Tipo 1 (dimensões internas do compartimento 2,40x3,60m) – total utilizado 24 unidades (quartos e área central de apoio) e 6 unidades na circulação;

Tipo 3 (dimensões internas do compartimento 2,40x6,00m) – total utilizado 24 unidades;

Resultando o total de 54 unidades modulares nessa edificação modular.

- l) No estudo da CME observou-se que, por se tratar de um partido linear, adaptou-se facilmente aos módulos pré-determinados.

- m) No decorrer dos ensaios com as soluções compositivas, observou-se o aspecto da logística, avaliando quantos caminhões tipo carreta seriam necessários para transportar todos os módulos de cada conjunto.

No caso do estudo da unidade do ambulatório, por exemplo, a estimativa é que com a logística de 5 viagens de caminhões carreta

(15m de comprimento para a carga) seriam suficientes para encaixar todos os 12 módulos.

- n) Ainda em termos de logística de transporte, o caminhão seria capaz de transportar simultaneamente até 3 unidades iguais com as dimensões desse módulo volumétrico tipo 1, considerando sempre as imposições da normativa do CONTRAN, referenciada anteriormente.
- o) Diante das experimentações dos diferentes tamanhos de módulos e multimódulos, identificou-se que um número menor de tipos de módulos volumétricos tridimensionais resulta em uma aplicação do sistema modular em diferentes partes dos projetos dos estabelecimentos de forma mais ágil, conferindo assim uma rapidez ao projeto arquitetônico. Todavia, identificou a necessidade de obter dois módulos menores, na pesquisa nomeados de Tipo 2 A e Tipo 2B, mas, a fim de manter a economia na produção industrializada, foi possível utilizar o mesmo chassi do Tipo 2.
- p) Reuniram-se as principais medidas encontradas a fim de definir módulos volumétricos tridimensionais. No quadro (Quadro 8) abaixo estão nomeados com suas respectivas medidas internas e externas (incluindo os fechamentos, neste estudo considera-se 10 cm de espessura). Inseriu-se as metragens de área útil de piso, de que forma pode ser aplicado e tipos de áreas.

Quadro 8 – Resumo módulos determinados para o presente estudo

Número	Unidade de medida da modulação	Dimensões internas	Dimensões Externas	Área útil	Aplicabilidade	Pré-requisitos	Tipo das áreas
Tipo 1	6 x 12M	2,40 x 3,60 x 3,60 (h) m	2,60 x 3,80 x 3,80 (h) m	A=8,64m ²	Circulação, DML, DML, sanitário para paciente, vestiário, antecâmara, sala de utilidades	Porta, janela, ponto de água fria	Crítica Semi-crítica Não crítica
Tipo 2	8 x 12M	2,40 x 4,80 x 3,60 (h) m	2,60 x 5,00 x 3,80 (h) m	A=11,52m ²	Consultório indiferenciado Sala de curativos Sala de cirurgia pequena e Sala de exames com o uso de dois módulos unificados	Porta, janela, ponto de água fria gases medicinais ar condicionado	Crítica Semi-crítica Não crítica
Tipo 2 A	4 x 12M	2,40 x 2,40 x 3,60 (h) m	2,60 x 2,60 x 3,80 (h) m	A=5,76m ²	DML, sanitário para paciente doador e vestiário, antecâmara, sala de utilidades	Porta, janela, ponto de água fria	Crítica Semi-crítica Não crítica
Tipo 2 B	2 x 12M	2,40 x 1,20 x 3,60 (h) m	2,60 x 1,40 x 3,80 (h) m	A=2,88m ²	Sanitário público individual (não destinado a deficientes) sanitário funcionário	Porta, janela, ponto de água fria	Crítica Semi-crítica Não crítica

Tipo 3	10 x 12M	2,40 x 6,00 x 3,60 (h) m	2,60 x 6,20 x 3,80 (h) m	A=14,40m ²	Circulações em áreas críticas	Porta ar condicionado	Crítica
					Quarto de internação	Porta, janela, ponto de água fria, gases medicinais ar condicionado	Crítica Semi-crítica
					Consultório diferenciado Sala de cirurgia media com dois módulos unificados	Porta, janela, ponto de água fria, gases medicinais ar condicionado	Crítica Semi-crítica

Fonte: Elaborado pela autora, pré-requisitos e tipos de áreas RDC nº 50(ANVISA/2002).

Quadro 9 – Atendimento aos requisitos

Número	Unidade de medida da modulação	Dimensões internas	Área útil	Aplicabilidade	Funcionalidade	Flexibilidade	Expansibilidade
Tipo 1	6 x 12M	2,40 x 3,60 x 3,60 (h) m	A=8,64m ²	Circulação, DML, DML, sanitário para paciente, vestiário, antecâmara, sala de utilidades	SIM	NÃO	SIM
Tipo 2	8 x 12M	2,40 x 4,80 x 3,60 (h) m	A=11,52m ²	Consultório indiferenciado Sala de curativos Sala de cirurgia pequena e Sala de exames com o uso de dois módulos unificados	SIM	SIM	SIM
Tipo 2 A	4 x 12M	2,40 x 2,40 x 3,60 (h) m	A=5,76m ²	DML, sanitário para paciente doador e vestiário, antecâmara, sala de utilidades	SIM	SIM	SIM

Tipo 2 B	2 x 12M	2,40 x 1,20 x 3,60 (h) m	A=2,88m ²	Sanitário público individual (não destinado a deficientes) sanitário funcionário	SIM	NÃO	SIM
Tipo 3	10 x 12M	2,40 x 6,00 x 3,60 (h) m	A=14,40m ²	Circulações em áreas críticas	SIM	SIM	SIM
				Quarto de internação	SIM	SIM	SIM
				Consultório diferenciado Sala de cirurgia media com dois módulos unificados	SIM	NÃO	SIM

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8 – Programa de necessidades Ambulatório com a aplicação dos multimódulos de medidas de piso

PROGRAMA DE NECESSIDADES										
PLANILHA DE ÁREAS										
UNIDADE FUNCIONAL	LOCAL			OBSERVAÇÕES/ INSTALAÇÕES	ÁREAS (m²)		MÓDULOS			
	UNIDADE/AMBIENTE				ÁREA NORMA (m²)	ÁREA PROJETO (m²)		ÁREA MÓDULOS (m²)	Tipo de multimódulo aplicado	
1. ATENDIMENTO AMBULATORIAL	AMBULATÓRIO	ENFERMAGEM	SALA DE PREPARO DO PACIENTE (CONSULTA DO PACIENTE, TRIAGEM E BIOMETRIA)	HF	6	9	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
			SALA DE CURATIVOS/SUTURAS E COLETA DE MATERIAL (EXCETO GINECOLÓGICO)	HF	9	9	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
			SALA DE INALAÇÃO COLETIVA	HF/FAM/FO	1,6 (por paciente)				Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			SALA DE APLICAÇÃO DE MEDICAMENTOS	HF	5,5	7,2	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²		
		CONSULTÓRIOS	CONSULTÓRIO INDIFERENCIADO (dim mínima 2,2m)	HF	7,5	9	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
			CONSULTÓRIO ODONTOLÓGICO	HF/FAM/FVC	9	10,8	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
		APOIO	AMBIENTES DE APOIO:							
			Área para registro de pacientes / marcação		5,50	5,4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Sanitários para pacientes /publico (feminino e masculino) Na sala de espera.	HF	3,20	5,4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Sanitários para funcionários	HF	1,60	3,6	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			SALA DE ESPERA PARA PACIENTES E ACOMPANHANTES (junto a Recepção)	1,3m por pessoa (6 pacientes)	6,50	9	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
			DML - Depósito de material de limpeza	dim mínima 1,0m HF	2,00	3,6	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			ROUPARIA (pode ser substituída por armários exclusivos)		2,20	2,16	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Sala de Utilidades + Esterilização (dim mínima 1,5)	HF/ADE	4,00	5,4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Sala Administrativa	ADE	5,50	5,4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Copa /estar funcionários	HF	2,60	5,4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²		
			Depósito de equipamentos			10,8	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²		
						A TOTAL	70,10	101,16	123,84	

Fonte: Elaborado pela autora, instalações e área norma baseado na RDC nº50 (2002).

Tabela 9 – Programa de necessidades Centro Cirúrgico com a aplicação dos multimódulos de medidas de piso.

PROGRAMA DE NECESSIDADES									
PLANILHA DE ÁREAS									
	LOCAL			ÁREAS (m²)			MÓDULOS		
	UNIDADE/AMBIENTE		OBSERVAÇÕES/ INSTALAÇÕES	ÁREA NORMA (m²)	ÁREA PROJETO (m²)	ÁREA MÓDULOS (m²)	Tipo de multimódulo aplicado		
2. APOIO AO DIAGNÓSTICO E TERAPIA	CENTRO CIRÚRGICO	CENTRO CIRÚRGICO CLÍNICO/ODONTOLÓGICO	ÁREA DE RECEPÇÃO DE PACIENTE (área de transferencia e higienização)	suficiente para 1 maca	4,50	14	14	Tipo 3 - 2,4 x 6,0 = 14,40 m²	
			ÁREA DE ESCOVAÇÃO (DEGERMAÇÃO CIRURGICA DOS BRAÇOS)		1,10				
			SALA PEQUENA DE CIRURGIA - 1 SALA	dim mínima 3,45m	20,00	25	28,8	Tipo 3 - 2,4 x 6,0 = 14,40 m²	
			SALA MÉDIA DE CIRURGIA - 2 SALAS	dim mínima 4,65m	50,00	50	57,6	Tipo 3 - 2,4 x 6,0 = 14,40 m²	
			ÁREA PARA PRESCRIÇÃO MÉDICA	Não é obrigatorio	4,00	4	4	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			POSTO DE ENFERMAGEM E SERVIÇOS		6,00	15	15	Tipo 3 - 2,4 x 6,0 = 14,40 m²	
			ÁREA DE RECUPERAÇÃO PÓS ANESTÉSICA - 10m2 para o posto medico dentro da sala - 8 leitos		65,00	75	72	Tipo 3 - 2,4 x 6,0 = 14,40 m²	
			AMBIENTES DE APOIO:						
			Sala de Utilidades		4,00	9	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²	
			Banheiro com vestiário para funcionários (barreira)		6,00	10	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²	
			Sala Administrativa		5,50	9	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			DML		2,00	4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Depósito de equipamentos / materiais	dim mínima 1,5m	4,00	10	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²	
			AMBIENTES DE APOIO *						
			Sala de preparo de equipamentos/material	dim mínima 1,5m	4,00	10	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²	
			Copa		2,60	6	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Sala de espera para acompanhantes (anexa à unidade)		20,00	20	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Sanitários para acompanhantes (sala de espera)	1,6 ou 3,2	4,80	6	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Sala de estar para funcionarios (estar médicos)		6,00	12	11,52	Tipo 2 - 2,4 x 5,00 = 11,52m²	
			Área para guarda de macas, cadeira de rodas		3,00	4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Sala para preparo do paciente		0,00	9	11,52	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Sala de coordenação de enfermagem		0,00	12	11,52	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
			Vestiário para pacientes		0,00	7,5	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			Sanitário p/ pacientes (masc e fem)	1,6 ou 3,2	4,80	6	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			Sala de estar interna		0,00	8	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			sala de entrevistas		5,50	8,5	8,64	Tipo 1 - 2,4x3,60 = 8,64m²	
			Rouparia		2,00	4	5,76	Tipo 2A - 2,40 x 2,40 = 5,76m²	
		SUBTOTAL				224,80	338,00	349,80	

Fonte: Elaborado pel autora, instalações e área norma baseado na RDC nº50 (2002).

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa iniciou com uma introdução no Capítulo 1 no qual foi apresentado, de uma maneira geral, o cenário e a relevância do tema proposto, ou seja, os **projetos de estabelecimentos assistenciais de saúde militares com o uso do Sistema Modular Volumétrico**. Delimitado ao Estado do Rio Grande do Sul e aos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) Militares do Exército Brasileiro, a problematização foi entender se seria **possível planejar módulos de partes, e suas combinações de projetos de edificações dos estabelecimentos assistenciais de saúde do Exército Brasileiro utilizando o Sistema Modular Volumétrico visando otimização de tempo de projeto e execução..**

No intuito de responder essa questão, o objetivo geral se caracterizou em definir uma metodologia projetual para esse tipo de projetos com a utilização do SMV que seriam divulgados por meio de diretrizes projetuais para sim otimizar o processo de projeto e, conseqüentemente, o da execução, visto as características do sistema. Ao final do primeiro capítulo se tem a justificativa da necessidade de tal pesquisa proposta.

Esta primeira parte da pesquisa foi importante para compreender a necessidade deste estudo e o quanto poderia ser útil a todos os profissionais envolvidos neste processo de projeto e execução em EAS tanto na área de conhecimento de arquitetura, quanto na área de conhecimento do Sistema Modular Volumétrico.

Além disso, o estudo abordado nessa pesquisa traz também uma valiosa contribuição para a aplicação prática da arquitetura de ambientes de saúde em situações de emergência, desastres naturais e demais situações que exigem a necessidade de rápida execução.

No segundo capítulo buscou-se trazer os aspectos relevantes a temática a fim de fundamentar a pesquisa. Os pontos abordados foram a arquitetura dos hospitais militares do Rio Grande do Sul, o Sistema Modular Volumétrico (SMV) detalhando suas tipologias, princípios, vantagens e, logo após buscou-se exemplos de hospitais que utilizaram este sistema construtivo tanto a nível internacional, quanto a nível nacional e regional. Ao final desta parte, apresentaram-se as tendências e as normativas mais significativas aos estudos.

Identificaram-se numerosas vantagens neste sistema relacionado ao uso em EAS e nos exemplos foi possível perceber algumas delas. Entre elas, pode-se destacar a agilidade na entrega de projetos e execuções acompanhada de uma segurança muito maior devido por se tratar de uma execução em um ambiente fabril totalmente controlado e as montagens nos locais com uma menor interferência as edificações vizinhas e até mesmo aos hospitais existentes que criaram anexos (ampliações).

Através das informações e exemplificações apresentadas, percebeu-se que, no Brasil, ainda há uma resistência cultural na utilização dos sistemas modulares volumétrico nos Estabelecimentos Assistências de Saúde e, principalmente, em órgãos públicos. Em contrapartida, nos demais países pesquisados como Estados Unidos e China existem uma grande quantidade de edifícios modulares em diversas tipologias (residencial, saúde, escolar). Portanto, acredita-se que, para que o avanço desta solução construtiva ocorra na mesma condição em que foi visto nos exemplos internacionais, ainda é preciso desmistificar essa barreira cultural, principalmente nas organizações públicas que muitas vezes são referências disseminar em regime nacional.

Segundo Gow e Kenson (2022), os profissionais de arquitetura na área da saúde, diante deste contexto em constante transformação, devem manter-se atualizados para enfrentar novas pandemias. Investir no planejamento do futuro e na criação de ambientes flexíveis e versáteis representa a maneira mais eficaz de apoiar as instituições de saúde. Dessa forma, os profissionais de arquitetura dessa área da saúde interessados em se atualizar e ampliar os estudos da temática pode levar em consideração este aspecto cultural.

O capítulo 3 dedicou-se a classificar a pesquisa e desenvolvê-la através do seu delineamento e de sua aplicação. Classificou-se a pesquisa em documental e exploratória utilizando a *Design Science* com o objetivo de melhorar um sistema existente projetando soluções através do artefato gerado na aplicação deste método. Com base nesse desenvolvimento foi possível obter as diretrizes para projetos com o uso do sistema modular, e, conseqüentemente, cumprindo o objetivo deste trabalho.

Os estudos elaborados trouxeram muitos aprendizados quanto às possibilidades de conformações dos módulos em projetos de saúde e quanto ao entendimento da logística de transporte que é peculiar a esse sistema construtivo.

Constatou-se que as instalações (hidráulicas, mecânicas, elétricas, gases medicinais, etc.) serão praticadas da mesma maneira que executadas no sistema construtivo convencional, entretanto, com a vantagem de execução em um ambiente totalmente controlado.

Observou-se também que, devido à modulação aplicada e largura interna de 2,40 m aplicada dos módulos, os ambientes com dimensões reduzidas como sanitários de uso público e de funcionários e depósitos de material de limpeza, circulações, por exemplo, tiveram suas medidas aumentadas e, por isso, mais confortáveis, se comparadas às medidas mínimas exigidas nas normativas vigentes até o momento. As unidades de estudo na forma compositiva, o Ambulatório, a CME e a Internação, tiveram suas medidas totais aumentadas em aproximadamente 20% nesta comparação.

Considera-se um aspecto vantajoso, visto que são os espaços hospitalares necessitam de flexibilidade e funcionalidade atendida conforme a presente pesquisa demonstrou.

Seguindo a pesquisa no capítulo 4 foram retomados os resultados da avaliação do artefato proposto e apresentadas as explicitações das aprendizagens que nada mais é do que a análise realizada.

Enfim, a conclusão é que, diante da fundamentação e da aplicação efetuada na presente pesquisa, é possível sim utilizar o Sistema Modular Volumétrico em projetos de edificações voltadas ao atendimento médico e hospitalar, proporcionando agilidade no processo do projeto e posterior execução.

Calcula-se que, ao prever o uso do sistema modular dos edifícios de saúde desde a concepção inicial, a partir de uma malha pré-estabelecida entre a fábrica e o arquiteto, apresenta-se acessível e viável, assim considerada a sua aplicação nos ambientes e unidades em que se praticou a experimentação descrita no presente estudo.

Em trabalhos futuros, ao desenvolver as diretrizes de forma aprofundada, será necessário avaliar aspectos de pilares e vigas, assim como as possibilidades de furos para que se tenha a lógica dos encaixes. Entende-se que as informações sobre os ambientes mínimos necessários levantados na primeira etapa também serão relevantes.

A temática requer avanços importantes em algumas linhas de estudo. Dessa forma, em trabalhos futuros, sugere-se a análise do comportamento funcional do uso dos módulos de forma isolada e de forma compositiva, a fim de ampliar os conhecimentos entre os profissionais envolvidos e assim melhorar e aprimorar o uso do sistema também.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **Resolução RDC 50/2002**, que dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de saúde. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.

AGUILAR, Arthur Remigio Dantas et al. ALTERNATIVAS MODULARES NA CONSTRUÇÃO CÍVIL E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A RACIONALIZAÇÃO DA OBRA. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 10, n. 1, 2022.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA). **Design for Modular Construction: an Introduction for Architects**, 2019. Disponível em: https://content.aia.org/sites/default/files/2019-03/Materials_Practice_Guide_Modular_Construction.pdf. Acesso em 16 abr. 2022.

ARAÚJO, Luiz Henrique Negry; DE ALMEIDA, Lucas Naves. A ATUAÇÃO DO BANCO DE BRASÍLIA NA ECONOMIA LOCAL. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 44, n. 144, 2023.

ARQXP, Content Business travel. **Brasil ao Cubo explica o que são construções modulares**. Da redação. Dez 2020. Disponível em: <https://arqxp.com/brasil-ao-cubo-explica-o-que-sao-construcoes-modulares/>. Acesso em jul 2024.

ÁRTICO, Rafael. **Módulos Volumétricos Pré-Fabricados**: avaliação de funcionalidade de leiautes residenciais. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2020.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077: saídas de emergência em edifícios**. 2001.

BALDAUF, Alexandra Staudt Follmann. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2004.

BALDWIN. Eric. China constrói hospital em 10 dias para combater coronavírus. 20 Fev. 2020. ArchDaily Brasil. (Trad. Baratto, Romullo). Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/933151/china-constro-i-hospital-em-10-dias-para-combater-coronavirus>. Acesso jul. 2024.

BARROSO, V.M. **MODULAR: his modular e flexível**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

BERTRAM, Nick et al. Modular construction: From projects to products. **McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure**, p. 1-34, 2019.

BONATO, Hamilton. Obras públicas: guia prático – licitações contratações industrializadas. Curitiba: Professor Hamilton Bonatto. 2023. 51p.: e-book. Disponível em: https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2023/11/Guia-pratico_Construcao-Industrializada_Hamilton-Bonatto.pdf. Acesso em jul 2024.

BORODEYKO, I.; KHVATYNETS, U. **Modular construction during a pandemic**. 2021. Materials of XIII Junior Researchers' Conference. Architecture and Civil Engineering. p. 20-21.

BRASIL AO CUBO. **Portfólio Hospitalar**. Disponível em: https://brasilaocubo.com/files/portfolio/arquivo_9.pdf. Acesso em jul. 2024.
BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Segurança do paciente em serviços de saúde: limpeza e desinfecção de superfícies/Agência Nacional de Vigilância Sanitária.– Brasília: Anvisa, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria no 2.048**, de 5 de novembro de 2002. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2002/prt2048_05_11_2002.html. Acesso em: nov 2021.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução normativa n. 01**, de 19 de janeiro de 2010: Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, 2010.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Departamento de Economia da Saúde e Desenvolvimento. **Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde / Ministério da Saúde**, Secretaria-Executiva, Departamento de Economia da Saúde e Desenvolvimento. – Brasília: Ministério da Saúde, 2011.145 p.: il. – (Série C. Projetos, Programas e Relatórios) V. 1. Atendimento Ambulatorial e Atendimento Imediato.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Departamento de Economia e Desenvolvimento. **Internação e apoio ao diagnóstico e terapia (reabilitação) / Ministério da Saúde**, Secretaria-Executiva, Departamento de Economia e Desenvolvimento. – Brasília: Ministério da Saúde, 2013.140 p.: il. (Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde, v. 2).

_____. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Departamento de Economia e Desenvolvimento. Apoio ao diagnóstico e à terapia (imagenologia) / Ministério da Saúde, Secretaria-Executiva, Departamento de Economia e Desenvolvimento. – Brasília : Ministério da Saúde, 2013.140 p. : il. (Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde, v. 3).

_____. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). Brasília.2020. Disponível em: <https://cnes.datasus.gov.br/>. Acesso jun 2024.

BRASÍLIA. **Hospital em sistema modular de Samambaia está 80% executado.** Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2021/05/06/hospital-em-sistema-modular-de-samambaia-esta-80-executado/>.2021c.Acesso em jul. 2024.

BRASÍLIA. **Hospital Modular Acoplado de Samambaia é inaugurado.** Disponível em: <https://www.saude.df.gov.br/web/guest/w/hospital-modular-acoplado-de-samambaia-e-inaugurado>. 2021a.Acesso em jul. 2024.

BRASÍLIA. **Obra de unidade modular ao HRSam chega a 35% de execução.** Disponível em: <https://saude.df.gov.br/web/guest/w/obra-de-unidade-modular-ao-hrsam-chega-a-35-de-execucao>. 2021b.Acesso em jul. 2024.

BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY. **Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)** Prefabricated Prefinished Volumetric Construction. Singapura: BCA, 2017. Disponível em: https://www.bca.gov.sg/professionals/technology/others/ppvc_guidebook.pdf. Acesso em abr. 2022.

CAMPOS, E. S. **História e Evolução dos Hospitais.** Ministério da Educação e Saúde. Departamento Nacional de Saúde. Divisão de Organização Hospitalar. Rio de Janeiro, 1965. Disponível em http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/cd04_08.pdf. Acesso em fev.2023.

CARVALHO, Antonio Pedro A.; TAVARES, Igor. Modulação no projeto arquitetônico de estabelecimentos assistenciais de saúde: o caso dos hospitais Sarah. **Anais do**, v. 30, 2002.

CARVALHO, Antônio Pedro Alves de. (org). Arquitetura de unidades hospitalares. In: **Arquitetura de unidades hospitalares.** Salvador. FAUFBA, ARQSAUDE/GEA – hosp., ISC, 2004. Trabalhos apresentados no Curso de Especialização em Arquitetura em Sistemas de Saúde.

CARVALHO, Antonio Pedro Alves de. **Introdução à arquitetura hospitalar.** 2014. Universidade Federal da Bahia Faculdade de Arquitetura. Grupo de Estudos em Arquitetura e Engenharia Hospitalar. Salvador, BA.

CAVALCANTI, Patrícia Biasi et al. Avaliação pós-ocupação de unidades de emergência hospitalares de Florianópolis: problemas recorrentes e possíveis soluções. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.19.n 2, p. 156-179, abr.-jun.,2019.

CESÁRIO, Rayane Lima. **O papel da arquitetura hospitalar sustentável em tempos de pandemia:** estudo de caso em hospitais Dissertação. (Mestrado - Área de Concentração: Interdisciplinar – Poéticas Artísticas e Socioculturais: Espaço, Memória e Tecnologias). Programa Interdepartamental de Pós-Graduação Interdisciplinar em Artes, Urbanidades e Sustentabilidade – PIPAUS. Universidade Federal de São João Del Rei (ufsj). São João Del Rei, 2023.

CHEN, Ling-Kun et al. Modular composite building in urgent emergency engineering projects: A case study of accelerated design and construction of Wuhan Thunder God Mountain/Leishenshan hospital to COVID-19 pandemic. **Automation in Construction**, v. 124, p. 103555, 2021.

CHEN, Ling-kun et al. Modular Structure Construction Progress Scenario: A Case Study of an Emergency Hospital to Address the COVID-19 Pandemic. **Sustainability**, v. 14, n. 18, p. 11243, 2022.

CHING, Francis D. K., **Arquitetura, forma, espaço e ordem** (tradução Alvamar Helena Lamparelli), Martins Fontes, São Paulo, 1998.

COMISSÃO REGIONAL DE OBRAS 3 (CRO 3), 4º Grupamento de Engenharia, Comando Militar do Sul. Exército Brasileiro, Ministério da Defesa. 3ª Região Militar, Porto Alegre, RS.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). **Resolução nº 246, de 25 de novembro de 2021**. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Ministério da Infraestrutura. 2021.

CONSULTA BREVE HISTÓRICO HOSPITAL COLÔNIA ITAPUÃ (HCI). Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/hospital-colonia-itapua-hci>. Acesso jul 2024.

CONSULTA DIRETORIA DE SAÚDE DO EXÉRCITO BRASILEIRO. Documentação – Unidades de Saúde. Disponível em: <http://www.dsau.eb.mil.br/index.php/unidades>. Acesso em: nov. 2021.

CONSULTA HISTÓRICO DA DIRETORIA DE SAÚDE DO EXERCITO BRASILEIRO. Institucional – Histórico. Disponível em: <http://www.dsau.eb.mil.br/index.php/historico>. Acesso em nov. 2021.

CONSULTA HISTÓRICO HOSPITAL DE GUARNIÇÃO DE ALEGRETE. Enciclopédia Wikipédia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Hospital_de_Guari%C3%A7%C3%A3o_de_Alegrete. Acessado em: novembro/2021. Página oficial: <http://www.hgua.eb.mil.br> (em manutenção na data da consulta).

CONSULTA HISTÓRICO HOSPITAL DE GUARNIÇÃO DE BAGÉ. Institucional – Histórico. Disponível em: <http://www.hguba.eb.mil.br/index.php/historico>. Acesso em: nov. 2021.

CONSULTA HISTÓRICO HOSPITAL DE GUARNIÇÃO DE SANTIAGO. Institucional – Histórico. Disponível em: <http://www.hguba.eb.mil.br/index.php/historico>. Acesso em: nov. 2021.

CONSULTA HISTÓRICO HOSPITAL GERAL DE SANTA MARIA. Institucional – Histórico. Disponível em: <http://www.hgesm.eb.mil.br/index.php/historico>. Acesso em: nov. 2021.

CONSULTA NÚMERO DE HOSPITAIS NO RIO GRANDE DO SUL. Indicadores Sociais – Hospitais e Leitos Hospitalares. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/hospitais-e-leitos-hospitalares>_Acesso em: nov. 2021.

CONSULTA REDE SARAH. Nossas Unidades. Disponível em: <https://www.sarah.br/a-rede-SARAH/nossas-unidades/>. Acesso em: jul. 2024.

CONSULTA REDE SARAH. Salvador. Disponível em: <https://www.sarah.br/a-rede-sarah/nossas-unidades/unidade-salvador/>. Acesso em: jul. 2024.

CONSULTA STAAT MOD. Increased Bed Flexibility in 9 Months. Aurora Medical Center Grafton. Observation Unit. Disponível em: <https://staatmod.com/aurora-medical-center-grafton-observation-unit/>. Acesso em jul 2024.

COSTA, Natália Rocha Nascimento. **Aspectos Projetuais da Unidade de Internação**. Artigo, Programa de Pós Graduação Latu Sensu em Arquitetura de Sistemas de Saúde, Universidade Católica de Brasília, Brasília, Distrito Federal, 2014.

COSTA, Paulo Henrique. **Todos Contra a Covid**. Construção de Hospitais modulares Permanentes. 2021.

COSTEIRA, Elza Maria Alves. Arquitetura hospitalar: história, evolução e novas visões. **Sustinere - Revista de Saúde e Educação**, Rio de Janeiro, v.2.n 2, p. 57-64, jul.-dez.,2014.

CRESPO, Marina Rosa. **Coordenação modular: acepções contemporâneas**. São Paulo, 2017. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP

DATASUS. Departamento de Informática do SUS. SIHSUS: Sistema de Informações Hospitalares do SUS. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/sistemas-e-aplicativos/hospitalares/sihsus>. Acesso em 16 abr. 2022.

DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Tipos de Estabelecimentos. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/cnes/tipo_estabelecimento.htm. Acesso em 06 fev. 2024.

DE ANDRADE SILVA, Daniel Paulo; FERNANDES, Ramon Bezerra; DO ROSARIO, Rui Alexandre Ramos Duarte. ARQUITETURA EMERGENCIAL: CONSIDERAÇÕES SOBRE AS RESPOSTAS PROJETUAIS À PANDEMIA DA COVID-19. **Revista Projetar-Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 128-140, 2021.

DE ANDRADE, Fernanda Marx. **Quarto de internação**: Um estudo da relação ambiente e saúde. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, 2016.

DE CASTRO GUIMARÃES, Thiago; SANTOS, Bruna Stefanie Macedo. Metodologias Ágeis na construção civil: estudo de caso da Construção Modular Off site aplicada no Hospital M'boi Mirim em São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 2207-2225, 2022.

DE MELLO, Vanessa Ferraz Lacerda. **Uma visão geral sobre modulação na construção civil**. Monografia, Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais, 2010.

DE SOUZA, Larissa Leiros. **Diretrizes para elaboração de um plano diretor físico Hospitalar: o caso do complexo hospitalar monsenhor walfredo Gurgel, Natal/RN**. Monografia (Especialização em Arquitetura em Sistemas de saúde) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2008.

DEGANI, Jonathan. **O que é Construção Modular e Como Funciona**. In: SIENGE, 2019. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-modular/>

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Resolução no 01 de 14 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre o transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso e/ou dimensões e para trânsito de veículos especiais. Brasília, 2016.

DING, Chenting et al. **A Focused Review of Modular Construction for Medical and Quarantine Facilities**. Journal of Architectural Engineering, v. 28, n. 4, p. 03122001, 2022.
Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/obras/hospital-regional-de-samambaia/>. Acesso em jul. 2024.

DOS SANTOS, Karoline Mendes. **Fábrica de construção modular industrializada off-site em light steel frame (LSF) na cidade de Tubarão – Santa Catarina**. Trabalho de conclusão de curso I – Fundamentação e projeto. Universidade do Sul de Santa Catarina, campus Tubarão. Tubarão, 2020.

DRESCH, Aline et al. **Design science research**. Springer International Publishing, 2015. Aline Dresch, Daniel Pacheco Lacerda, José Antônio Valle Antunes.

ELIZALDE, Etienne Pinto; GOMES, Luciane da Silva. A Importância de Projetos Arquitetônicos no Planejamento do Ambiente Hospitalar. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2009-09, 2009.

ESQUIA, J. V. **Logística e Qualidade Hospitalar: O E-procurement na Prestação de Serviços Hospitalares, Um estudo de caso em um hospital militar do Exército Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2010.

FARIAS, Dorotheu Ximenes de. **Arquitetura hospitalar: uma abordagem humanizada e sustentável**. 2016. Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2016.

FERREIRA, M.A. **A importância dos sistemas flexibilizados**, 2003. 8p. (Apostila).

FONYAT, M. D. A. R. **A pré-fabricação e o projeto de arquitetura**. Dissertação de mestrado. UFRGS. Porto Alegre, 2013.

FOUCAULT, M. **Microfísica do Poder**. 20ed. São Paulo: Graal, 2004, 295p.
G1, [S. l.], p. 1, 31 jan. 2020. Disponível em:
<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2020/01/31/entenda-como-a-china-pode-construir-um-hospital-em-10-dias.ghtml#:~:text=Segundo%20o%20governo%20chinês%2C%20a,chegam%20das%20fábricas%20ou%20depósitos.Acesso em jul 2024>.

GARRISON, J.; TWEEDIE, A. **Kullman Design Guide**: Kullman Buildings Corp. 2008
GATHEESHGAR, Perampalam et al. Development of affordable steel-framed modular buildings for emergency situations (Covid-19). In: **Structures**. Elsevier, 2021. p. 862-875.

GÓES, Ronald de. **Manual prático de arquitetura hospitalar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

GOW, Catherine e KENSON, Jennifer. **COVID-19's Impact On Healthcare Design**. Healthcare Design Magazine. Jun 2022. Disponível em:
<https://healthcaredesignmagazine.com/trends/architecture/impact-of-covid-19-pandemic-on-healthcare-design/>. Acesso jul 2024.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Coordenação modular na construção: um resgate imprescindível**. Apresentação palestra. Colóquio de Pesquisas em Habitação, v. 4., Coordenação Modular e Mutabilidade, 2007a. Disponível em:
<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>. Acesso em jul 2024.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitare, 9).

HARROUK, Christele. **"Nova Iorque busca adaptar rapidamente hospitais para atender a demanda causada por COVID-19" [Adapting Existing Spaces: New York City's Response to the COVID-19 Pandemic]** 06 Abr 2020. ArchDaily Brasil. (Trad. Baratto, Romullo) Acesso 13 jul. 2024.
<<https://www.archdaily.com.br/br/936877/nova-iorque-busca-adaptar-rapidamente-hospitais-para-atender-a-demanda-causada-por-covid-19>> ISSN 0719-8906

HEADLEY, Megan. **Hospitals solve building challenges with modular construction**. Health Facilities Management. Jun. 2023. Disponível em:
<https://www.hfmmagazine.com/articles/4752-hospitals-solve-building-challenges-with-modular-construction>. Acesso em jul. 2024.
<https://revistanotas.org/revistas/55/2735-de-la-arquitectura-hospitalaria-a-la-arquitectura-para-la-salud>. Acesso em jul 2024.

JACOB, Priscila Pimentel. **A formação de arquitetos para a sustentabilidade**: uma investigação acerca do ensino de técnicas construtivas sustentáveis nos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2014.

La revista notas CPAU. 22 maio de 2024.

LACERDA, Daniel Pacheco et al. Design science research: A research method to production engineering. **Gestão & produção**, v. 20, p. 741-761, 2013.

LAWSON, Mark et al. **Design in modular construction**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014.

LAWSON, Mark. **Building design using modules**. New steel construction, v. 15, n. 9, p. 28-29, 2007.

LAWSON, R. Mark; OGDEN, Ray G.; BERGIN, Rory. Application of modular construction in high-rise buildings. **Journal of architectural engineering**, v. 18, n. 2, p. 148-154, 2012.

LERDAHL. Post **Lerdahl Wins Best Healthcare Project**. Disponível em: <https://www.lerdahl.com/lerdahl-wins-best-healthcare-project/>. Acesso em jul 2024.

LIEW, Jat Yuen Richard; CHUA, Y. S.; DAI, Ziquan. Steel concrete composite systems for modular construction of high-rise buildings. In: **Structures**. Elsevier, 2019. p. 135-149.

LUO, Hanbin et al. Ultra-rapid delivery of specialty field hospitals to combat COVID-19: Lessons learned from the Leishenshan Hospital project in Wuhan. **Automation in Construction**, v. 119, p. 103345, 2020.

MACIEL, Carlos Alberto. Arquitetura, indústria da construção e mercado imobiliário ou a arte de construir cidades insustentáveis. **Vitruvius**, 2013. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14>. Acesso em jul. 2024.

MARCH, Salvatore T.; SMITH, Gerald F. Design and natural science research on information technology. **Decision support systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MASCARELLO, Vera Lúcia Dutra. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna – evidências no edifício hospitalar**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS,RS), Porto Alegre, 2005.

MAUDONNET, R. B. **Administração hospitalar**. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1988.

MAYOR, Wagner Rocha Soutto. **Sistema construtivo modular**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2012.

MBI. Modular Building Institute. Why Build Modular. 2013. **Retrieved October 10, 2013.** Disponível em: http://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why_modular. Acesso jul. 2024.

MEDEIROS, Helena Thomassim. **Hospital Colônia Itapuã: história e patrimônio.** Mouseion, n. 28, p. 111-122, 2017.

MEDEIROS, Maria Alice Lopes. **Da colônia ao shopping: um estudo da evolução tipológica da arquitetura hospitalar em Natal.** 2005. 196 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

MELO, Mirvane Vasconcelos Santos. **Arquitetura pré-hospitalar pública: estratégias de otimização da produção em Light Steel Framing com ênfase na flexibilidade dos espaços.** 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

MENDES, Ana Carolina Potier. **Plano Diretor Físico Hospitalar: Uma abordagem metodológica frente a problemas complexos.** 2007, 184f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MO. Milly. Conheça os hospitais chineses construídos para controlar a pandemia de COVID-19. 26 Abr. 2020. ArchDaily Brasil. (Trad. Sbeghen, Camila) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937809/conheca-os-hospitais-chineses-construidos-para-controlar-a-pandemia-de-covid-19>. Acesso jul. 2024.

MONZA, Luciano. **De la arquitectura hospitalaria a la arquitectura para la salud.**

MUSA, Muhamad Faiz et al. Towards the adoption of modular construction and prefabrication in the construction environment: A case study in Malaysia. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 8122-8131, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Muhamad-Musa-2/publication/305550264_Towards_the_adoption_of_modular_construction_and_prefabrication_in_the_construction_environment_A_case_study_in_Malaysia/links/581376f608ae90acb23b7741/Towards-the-adoption-of-modular-construction-and-prefabrication-in-the-construction-environment-A-case-study-in-Malaysia.pdf. Acesso jul. 2024.

NETO, Gonzalo Vecina; MALIK, Ana Maria. Tendências na assistência hospitalar. **Ciência & Saúde Coletiva**, São Paulo, 12(4):825-839, 2007.

NETO, José Ferreira Nobre; MATOS, Júlia de Souza; SOUZA, Laís de Matos; DA SILVA, Larissa Scarano Pereira Matos; BATISTA, Lucianne Fialho; SODRÉ, Mariana e DOS REIS, Rosana Santana. **O olhar dos arquitetos da saúde sobre a obra do Hospital Sarah, em Salvador BA.** revistas arquitetura. Fev. 2022. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquiteturismo/15.178e179/8430>. Acesso em jul 2024.

NILSSON, N. Previsión de futuras ampliaciones y reformas durante el proceso de panificación. In: KLECZKOWSKI, B. M.; PIBOULEAU, R. (Ed.). **Criterios de planificación y diseño de instalaciones de atención de la salud en los países en desarrollo**. Washington, D.C.: OPS/OMS, 1979.

PAN, Wei; ZHANG, Zhiqian. Evaluating modular healthcare facilities for COVID-19 emergency response—A case of Hong Kong. **Buildings**, v. 12, n. 9, p. 1430, 2022.

PEDROSO, Hosana. **Hospital chinês foi construído com containers e EPS em apenas dez dias**. AECWEB, [S. l.], p. 1. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/hospital-chines-foi-construido-com-containers-e-eps-em-apenas-dez-dias/20079>. Acesso em jul 2024.

PENTEADO, Adilson Franco; PESSOA, Carlos Eduardo de Paula. **Coordenação modular**. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1980.

PEREIRA, M. F. **A Inserção do Psicólogo no Hospital Geral: A construção de uma nova especialidade**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em História das Ciências da Saúde da Casa de Oswaldo Cruz) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

PINHEIRO, Márcia E. **Hospital São Cristóvão dos Lázaros: entre os muros da exclusão**. Dissertação.(Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, 2005.

REIS, Talissa Patelli dos. Diagnóstico e estudos de casos de hospitais instalados em edificações longevas quanto à necessidade de atualização da infraestrutura predial. Dissertação (Mestrado). Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento – ICPD Programa de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão (RS). *DEE Dados*. Disponível em: <http://feedados.fee.tche.br/feedados/>.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROCHA, Vinicius Nascimento. **As estratégias de comunicação interna nas organizações militares de saúde do Exército Brasileiro: um estudo de caso no Hospital Geral de Santa Maria**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Organizações Públicas) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria 2021.

RUSSELL, James S. FAIA Emeritus. Pandemic Shifts Profession's Focus to Health Care. *Architectural Record*. Abr. 2020. Disponível em: <https://www.architecturalrecord.com/articles/14586-pandemic-shifts-professions-focus-to-health-care>. Acesso em jul. 2024.

SAMPAIO, Ana Virgínia C.F. Avaliação de conforto e qualidade de ambientes hospitalares. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v.5.n 2, p. 155-179, nov.,2010.

SAMPAIO, AVCF. **Capítulo 2 – Arquitetura Hospitalar**, Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005 p.78-151. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-23102006-175537/publico/CAPITULO2.pdf>. Acesso em: fev. 2023.

SANT'ANNA, D. B de. **Guerra e paz: alguns cenários da vida hospitalar**. In: MOTT, M. L.; SANGLARDT, G. org. História da Saúde em São Paulo: instituições e patrimônio arquitetônico (1808-1958). São Paulo: Minha Editora, 2011, 219 p.

SANTANA, Rui et al. **A procura de serviços de urgência/emergência hospitalar: tendências durante o primeiro mês de resposta à COVID-19**. Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Nova de Lisboa, 2020.

SAVASSI, Felipe; CHICA, Carolina Ponce. **Construção Modular**. Manual de Construção em Aço. Instituto Aço Brasil: CBCA, Rio de Janeiro, 2022.

SEGRE, Roberto. Hospitais. Arquitetura da linha da sombra. Reflexão acerca do papel da arquitetura hospitalar na história mundial. **Vitruvius – resenhasonline**, Rio de Janeiro, 134. 02, ano 12, fev.,2013.

SERRES, Juliane Conceição Primon. Preservação do patrimônio cultural da saúde no Brasil: uma questão emergente. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.22, n.4, out.-dez. 2015, p.1411-1426.

SMITH, R. E. **Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction**. Wiley, 2010. Disponível em: https://archive.org/details/Prefab_Architecture_A_Guide_to_Modular_Design_and_Construction_R._Smith_Wiley_20/page/n27/mode/2up?view=theater. Acesso em jul 2024.

SMOLOVA, Marina; SMOLOVA, Daria. Emergency architecture. Modular construction of healthcare facilities as a response to pandemic outbreak. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, 2021. p. 01013.

SOUZA, Eduardo. **Vantagens de um sistema modular de construção seca**. ArchDaily, [S. l.], p. 1, 9 set. 2021. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/966870/steel-framing-vantagens-de-um-sistema-modular-de-construcao-seca>. Acesso em maio 2024.

TECVERDE. Construções Eficientes. **Hospital Regional de Samambaia**. 2021.

TECVERDE. **Entrega da expansão modular do Hospital**. 29 maio 2020. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/2020/05/29/entrega-da-expansao-modular-do-hospital-independencia/>. Acesso em jul. 2024.

TELES, Jaqueline. Hospital modular é solução rápida e sustentável. Abc Farma. 20 ago 2021. Disponível em: <https://site.abcfarma.org.br/hospital-modular-e-solucao-rapida-e-sustentavel/>. Acesso em jul 2024.

TEMPORÃO, JOSÉ GOMES. PORTARIA Nº 4.279, DE 30 DE DEZEMBRO DE 2010. **Estabelece diretrizes para a organização da Rede de Atenção à Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS)**. Brasília: Ministério da Saúde. *Diário Oficial da União*, 2010.

TERIBELE, Alessandra. **Arquitetura com Sistema Pré-Fabricado Modular Volumétrico**. Porto Alegre: PROPAR/UFRGS, 2016.

TRISTÃO, Fernanda Sant'ana. **Reestruturação dos hospitais universitários federais: estratégia de governamentalidade**. Tese (Doutorado em Enfermagem) – Faculdade de Enfermagem da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

VIDIGAL, Lucas. **Entenda como a China pode construir um hospital em 10 dias**.

WANG, Jessica; ZHU, Ellie; UMLAUF, Taylor. How China built two coronavirus hospitals in just over a week. **The Wall Street Journal**, p. 270-3, 2020.

WEN-TAO, LI; SONG-MIN, Zhang. Modularization, Standardization and Prefabrication, Rapid Construction of Leishenshan Hospital. Ano?

WINGLER, Deborah et al. Using virtual reality to compare design alternatives using subjective and objective evaluation methods. **HERD: Health Environments Research & Design Journal**, v. 13, n. 1, p. 129-144, 2020.

YATMO, Yandi Andri; HARAHA, Mochammad Mirza Yusuf; ATMOWIRJO, Paramita. Modular isolation units for patients with mild-to-moderate conditions in response to hospital surges resulting from the COVID-19 pandemic. **International Journal of Technology**, v. 12, n. 1, p. 43-53, 2021.

ZAMPIVA, Paula Mesquita. **Hospitais mais sustentáveis: relações entre o ambiente construído, a assistência aos pacientes e os preceitos de sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS, RS), São Leopoldo, 2016.

ZORZI, Carla Gabriela Carlot et al. Análise de dormitório hospitalar: uma abordagem sobre os sistemas de capacidade. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 10, n. 2, p. 146-163, 2021.

ZORZI, Carla Gabriela Carlot et al. Geo-environmental parametric 3D models of SARS-CoV-2 virus circulation in hospital ventilation systems. **Geoscience Frontiers**, v. 13, n. 6, p. 101279, 2022.

GLOSSÁRIO

Ambiente: Espaço fisicamente determinado e especializado para o desenvolvimento de determinada(s) atividade(s), caracterizado por dimensões e instalações diferenciadas. Um ambiente pode se construir de uma sala ou de uma área (ANVISA, 2002).

Ambulatório: Unidade destinada à prestação de assistência em regime de não internação (ANVISA, 2002).

Área: Ambiente aberto, sem paredes em uma ou mais de uma das faces (ANVISA, 2002).

Atendimento imediato: Unidade destinada à assistência de pacientes, com ou sem risco de vida, cujos agravos à saúde necessitam de pronto atendimento (ANVISA, 2002).

Centro de Saúde/Unidade Básica de Saúde: Unidade para realização de atendimentos de atenção básica e integral a uma população, de forma programada ou não, nas especialidades básicas, podendo oferecer assistência odontológica e de outros profissionais de nível superior. A assistência deve ser permanente e prestada por médico generalista ou especialista nestas áreas. Podendo ou não oferecer: SADT e Pronto atendimento 24 Horas. (DATASUS).

Estabelecimento assistencial de saúde (EAS): Denominação dada a qualquer edificação destinada à prestação de assistência a saúde a população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade (ANVISA, 2002).

Hospital Geral: Hospital destinado à prestação de atendimento nas especialidades básicas, por especialistas e/ou outras especialidades médicas. Pode dispor de serviço de Urgência/Emergência. Deve dispor também de SADT de média complexidade. Podendo Ter ou não SIPAC. (DATASUS)

Malha: É um sistema de dois ou mais conjuntos de linhas paralelas regularmente espaçadas que se entrecruzam, gerando um padrão volumétrico de pontos regularmente espaçados nas intersecções das linhas e campos regularmente moldados, definidos pelas próprias linhas (CHING, 1998).

Modulação: Visa coordenar as dimensões das partes de uma edificação, assegurando em paralelo, a flexibilidade de combinação de medidas e facilidade de produção (MAYOR, 2012).

Módulo: Trata-se de uma unidade de medida utilizada para padronizar as dimensões de materiais construtivos ou regular as proporções de uma composição arquitetônica (MAYOR, 2012).

Policlínica: Unidade de saúde para prestação de atendimento ambulatorial em várias especialidades, incluindo ou não as especialidades básicas, podendo ainda ofertar outras especialidades não médicas. Podendo ou não oferecer: SADT e Pronto atendimento 24 Horas (DATASUS).

Posto de Saúde: Unidade destinada à prestação de assistência a uma determinada população, de forma programada ou não, por profissional de nível médio, com a presença intermitente ou não do profissional médico. (DATASUS)

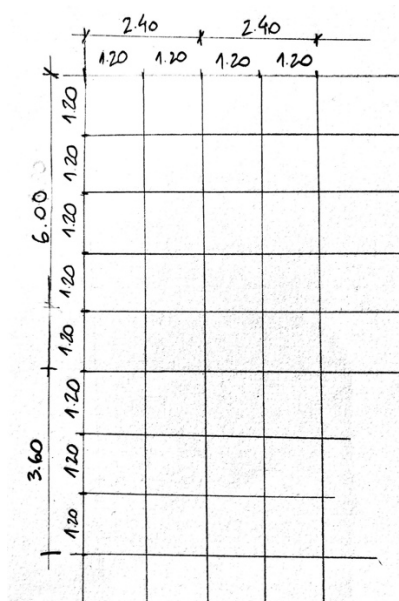
Pré-Fabricado: Elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim. produzido em escala industrial (MAYOR, 2012).

Pré-Moldado: Definido como o elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura (MAYOR, 2012).

APÊNDICE A – ESQUEMAS ESTUDO MÓDULO BÁSICO

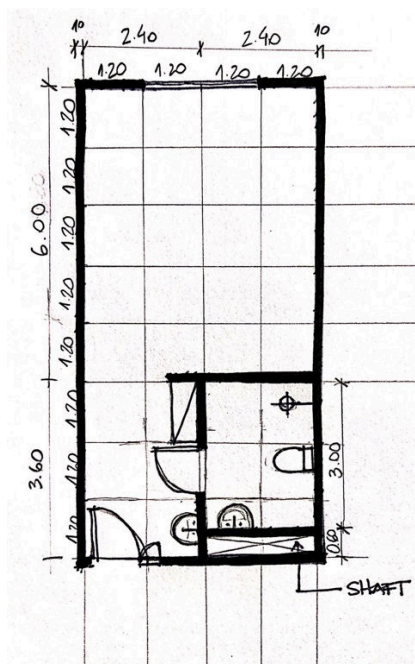
Refere-se aos esquemas utilizados como forma de estudo, a fim de auxiliar na definição do módulo básico.

Figura 109 – Passo 1 Modulação



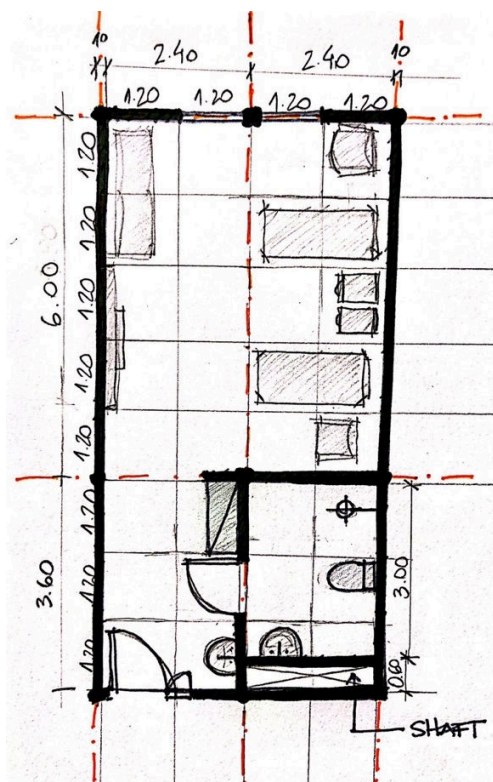
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 110 – Passo 2 definição dos ambientes (quarto de internação, banheiro paciente) e previsão de instalações (shaft).



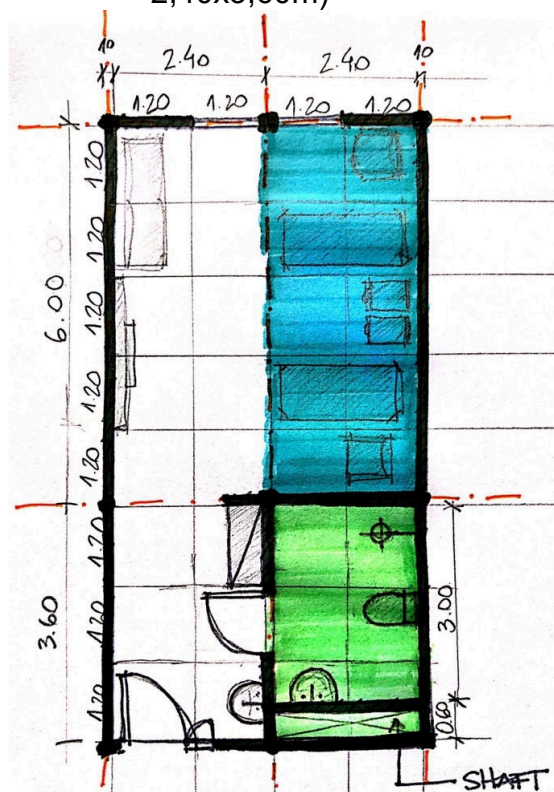
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 111 – Passo 3 projetar o layout



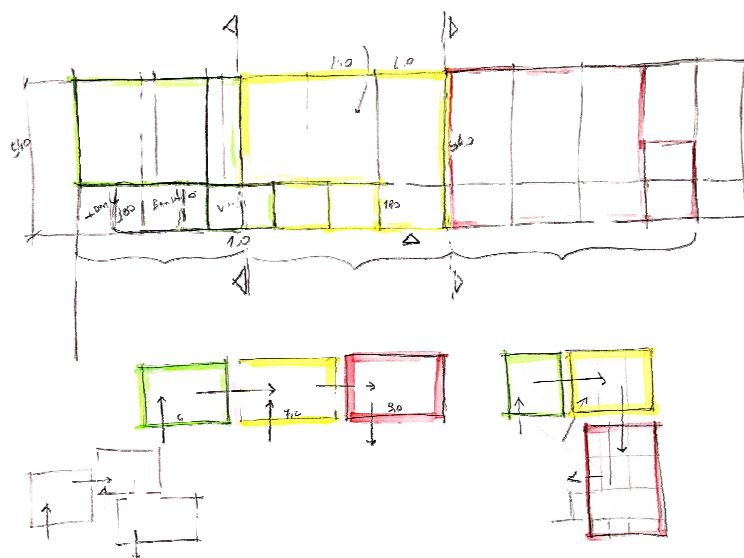
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 112 – Passo 4 definir dimensões dos módulos – Módulo 2,40x6,00m e 2,40x3,60m)



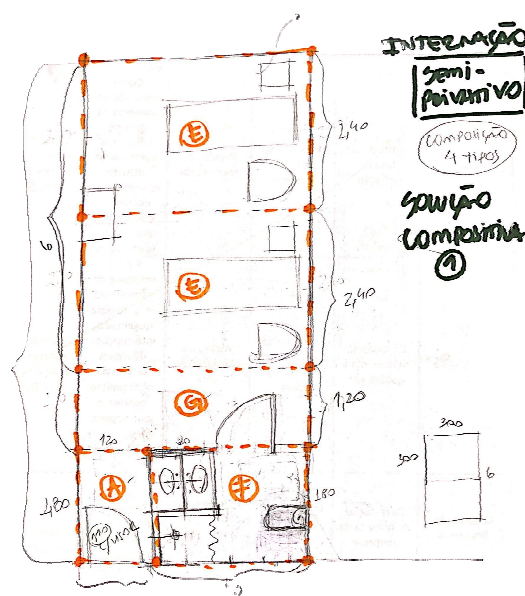
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 117 – Estudos de zoneamento do CME em modulação de 2,40m



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 118 – Estudo inicial de solução compositiva interna

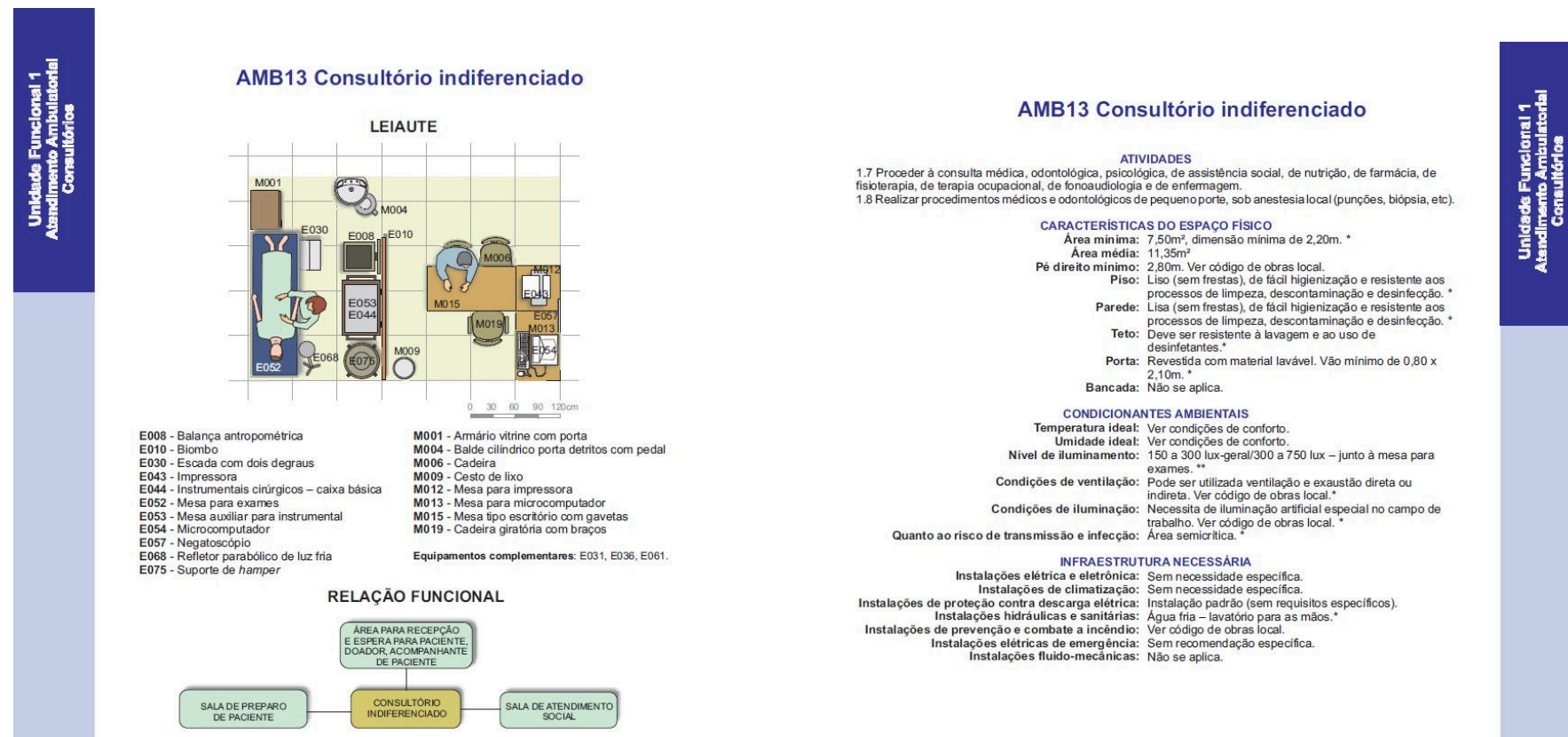


Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO A – CONSULTA SOMASUS

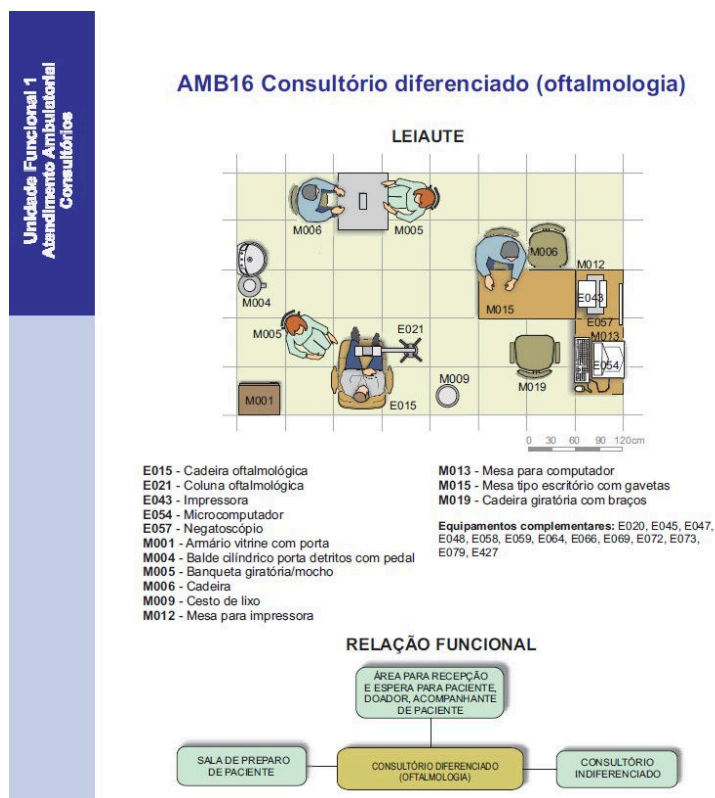
O anexo é composto de alguns exemplares que foram consultados no SOMASUS durante os estudos compositivos.

Figura 119 – Layout consultório indiferenciado



Fonte: SOMASUS (BRASIL, 2011).

Figura 120 – Layout consultório diferenciado

**AMB16 Consultório diferenciado (oftalmologia)****ATIVIDADES**

- 1.7 Proceder à consulta médica, odontológica, psicológica, de assistência social, de nutrição, de farmácia, de fisioterapia, de terapia ocupacional, de fonoaudiologia e de enfermagem.
1.8 Realizar procedimentos médicos e odontológicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc.).*

CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO FÍSICO

- Área mínima:** A depender do equipamento utilizado.*
Área média: 14,40m²
Pé direito mínimo: Ver código de obras local.
Piso: Liso (sem frestas), de fácil higienização e resistente aos processos de limpeza, descontaminação e desinfecção.*
Parede: Lisa (sem frestas), de fácil higienização e resistente aos processos de limpeza, descontaminação e desinfecção.*
Teto: Deve ser resistente à lavagem e ao uso de desinfetantes.*
Porta: Revestida com material lavável. Vão mínimo de 0,80 x 2,10m.*
Bancada: Não se aplica.

CONDICIONANTES AMBIENTAIS

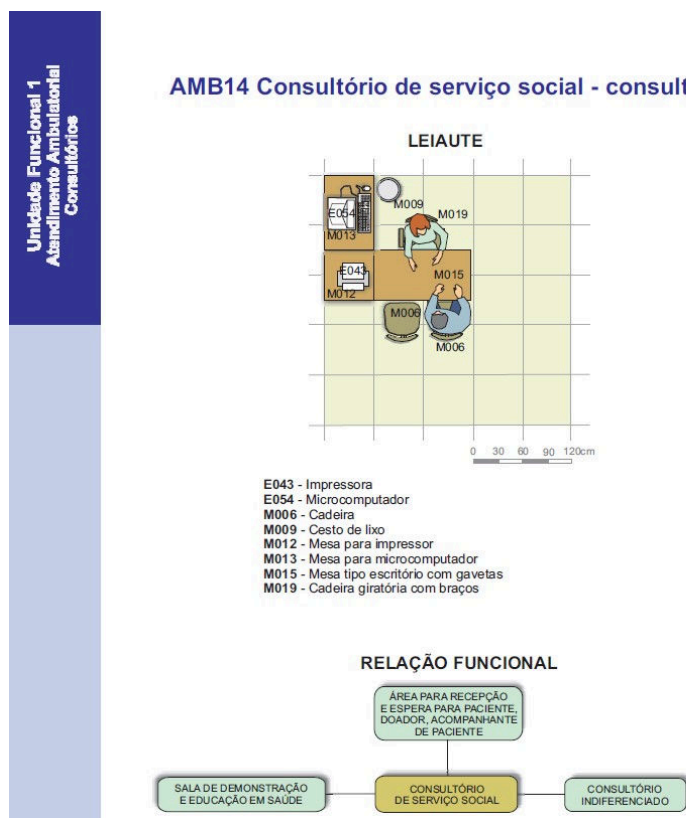
- Temperatura ideal:** Ver condições de conforto.
Umidade ideal: Ver condições de conforto.
Nível de iluminação: 150 a 300 lux-geral.**
Condições de ventilação: Pode ser utilizada ventilação e exaustão direta ou indireta. Ver código de obras local.*
Condições de iluminação: Necessita de obscuridade.*
Quanto ao risco de transmissão e infecção: Área semicrítica.*

INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA

- Instalações elétrica e eletrônica:** Sem necessidade específica.
Instalações de climatização: Sem necessidade específica.
Instalações de proteção contra descarga elétrica: Instalação padrão (sem requisitos específicos).
Instalações hidráulicas e sanitárias: Água fria – lavatório para as mãos.*
Instalações de prevenção e combate a incêndio: Ver código de obras local.
Instalações elétricas de emergência: Sem recomendação específica.
Instalações fluido-mecânicas: Não se aplica.

Fonte: SOMASUS (BRASIL, 2011).

Figura 121 – Layout Consultório de serviço social



AMB14 Consultório de serviço social - consulta de grupo

ATIVIDADES

1.7 Proceder à consulta médica, odontológica, psicológica, de assistência social, de nutrição, de farmácia, de fisioterapia, de terapia ocupacional, de fonoaudiologia e de enfermagem. **

CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO FÍSICO

Área mínima: 6,00m² (0,80m² por paciente). *

Área média: 9,00m²

Pé direito mínimo: Ver código de obras local.

Piso: Deve ser liso, resistente, lavável e de fácil higienização. **

Parede: Deve ser lisa, resistente, lavável e de fácil higienização. **

Teto: Deve ser liso, resistente, lavável e de fácil higienização. **

Porta: Vão mínimo de 0,80 x 2,10m. *

Bancada: Não se aplica.

CONDICIONANTES AMBIENTAIS

Temperatura ideal: Ver condições de conforto.

Umidade ideal: Ver condições de conforto.

Nível de iluminação: 500 a 1000 lux-geral.***

Condições de ventilação: Pode ser utilizada ventilação e exaustão direta ou indireta. Ver código de obras local. *

Condições de iluminação: Pode ser utilizada iluminação natural ou artificial. Ver código de obras local. *

Quanto ao risco de transmissão e infecção: Área não crítica. *

INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA

Instalações elétrica e eletrônica: Sem necessidade específica.

Instalações de climatização: Sem necessidade específica.

Instalações de proteção contra descarga elétrica: Instalação padrão (sem requisitos específicos).

Instalações hidráulicas e sanitárias: Não se aplica.

Instalações de prevenção e combate a incêndio: Ver código de obras local.

Instalações elétricas de emergência: Sem recomendação específica.

Instalações fluído-mecânicas: Não se aplica.

Fonte: SOMASUS (BRASIL, 2011).

Figura 122 – Layout Sala de isolamento



EME17 Sala de isolamento

ATIVIDADES

- 2.2.4 Realizar procedimentos de enfermagem.
2.2.5 Realizar atendimentos e procedimentos de emergência e urgência de alta complexidade.
2.2.6 Prestar apoio diagnóstico e terapia por 24 horas.
2.2.7 Manter em observação o paciente por período de até 24 horas. *

CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO FÍSICO

- Área mínima: 8,00m². *
Área média: 11,90m²
Pé direito mínimo: Ver código de obras local.
Piso: Liso (sem frestas), de fácil higienização e resistente aos processos de limpeza, descontaminação e desinfecção. *
Parede: Lisa (sem frestas), de fácil higienização e resistente aos processos de limpeza, descontaminação e desinfecção. Não permitindo o uso de divisórias. *
Teto: Deve ser resistente à lavagem e ao uso de desinfetantes. *
Porta: Revestida com material lavável. Vão mínimo de 1,10 x 2,10m. *
Bancada: Não se aplica.

CONDICIONANTES AMBIENTAIS

- Temperatura ideal: 21 - 24 °C. **
Umidade ideal: Ver condições de conforto.
Nível de iluminação: 100 a 200 lux-geral/300 a 750 lux – junto à cama hospitalar. ***
Condições de ventilação: Necessita de climatização artificial e exaustão mecânica. *
Condições de iluminação: Necessita de iluminação artificial especial no campo de trabalho. *
Quanto ao risco de transmissão e infecção: Área semicrítica. *

INFRAESTRUTURA NECESSÁRIA

- Instalações elétrica e eletrônica: Sem necessidade específica.
Instalações de climatização: Filtragem mínima de insuflamento G4. **
Instalações de proteção contra descarga elétrica: Instalação padrão (sem requisitos específicos).
Instalações hidráulicas e sanitárias: Água fria, água quente – lavatório para as mãos. *
Instalações de prevenção e combate a incêndio: Ver código de obras local.
Instalações elétricas de emergência: Elétrica de emergência - grupo 1, classe > 15. *
Instalações fluído-mecânicas: Oxigênio (um ponto para cada dois leitos ou fração)/Ar comprimido medicinal/Vácuo clínico (um ponto para cada dois leitos). *

Fonte: SOMASUS (BRASIL, 2011)