

# ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES HOSPITALARES NATURALMENTE VENTILADOS

ESTUDO DE CASO DO HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO DA UFSCAR/SP

KARIME ZEFERINO DE SOUZA ALVES DA COSTA

ORIENTADOR: PROF. DR. EDUVALDO PAULO SICHIERI  
IAU/USP  
SÃO CARLOS, 2022

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – CAMPUS SÃO CARLOS  
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

KARIME ZEFERINO DE SOUZA ALVES DA COSTA

**ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES HOSPITALARES  
NATURALMENTE VENTILADOS: ESTUDO DE CASO DO HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO DA UFSCAR/SP**

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo.

**Versão corrigida**

**Área de concentração:**

Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

**Orientador:**

Prof. Dr. Eduvaldo Paulo Sishieri

São Carlos  
2022

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,  
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC838a Costa, Karime Zeferino de Souza Alves da  
Análise do conforto térmico em ambientes  
hospitalares naturalmente ventilados: estudo de caso  
do Hospital Universitário da UFSCar / Karime  
Zeferino de Souza Alves da Costa; orientador  
Eduvaldo Paulo Sichieri. -- São Carlos, 2022.  
157 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação  
em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e  
Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo,  
Universidade de São Paulo, 2022.

1. Conforto Térmico . 2. Ventilação Natural. 3.  
Arquitetura Hospitalar. 4. João Filgueiras Lima  
(Lelé). I. Sichieri, Eduvaldo Paulo , orient. II.  
Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2:  
Brianda de Oliveira Ordonho Sígolo - CRB - 8/8229

## FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: **Karime Zeferino de Souza Alves da Costa**

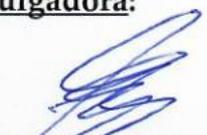
Título da dissertação: "Análise do conforto térmico em ambientes hospitalares naturalmente ventilados: estudo de caso do Hospital Universitário da UFSCar/SP."

Data da defesa: **19/10/2022**

Orientador: Prof. Dr. Eduvaldo Paulo Sichieri

### Comissão Julgadora:

### Resultado:

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Eduvaldo Paulo Sichieri**  
(IAU/USP)

Não votante

  
\_\_\_\_\_  
**Profª Drª Kelen Almeida Dornelles**  
(IAU/USP)

APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
**Profª. Drª. Helenice Maria Sacht**  
(UNILA)

APROVADA

  
\_\_\_\_\_  
**Profª Drª Juliana Oliveira Batista**  
(UFAL)

APROVADA

Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: **Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes.**

## AGRADECIMENTOS

---

Agradeço primeiramente a **Deus**, o grande responsável por tudo, pelo dom da vida e por ter me guiado até aqui, sempre colocando pessoas incríveis no meu caminho.

À minha **família**, que é a base de tudo e está comigo, me apoiando, em todas as fases da minha vida, sem medir esforços. Minha eterna gratidão principalmente aos meus pais, **Kênia e Robert**, meus eternos professores da vida.

Ao amor da minha vida, **Lúcio**, por todo apoio, paciência e cumplicidade. Obrigada por existir na minha vida e estar sempre presente, deixando os momentos difíceis mais leves.

Ao professor **Eduvaldo**, pela confiança e orientação durante o desenvolvimento deste trabalho, e por contribuir na minha formação como pesquisadora.

À **CNPq**, pelo suporte financeiro.

Às queridas professoras **Kelen, Marieli, Rosana e Karin**, pela valiosa contribuição e ajuda ao longo de toda essa jornada.

Aos **funcionários do IAU**, em especial aos técnicos e amigos **Pedro e Dibo**, que tiveram participação ímpar na parte prática da pesquisa.

À **equipe do Hospital Universitário da UFSCar**, em especial aos engenheiros **Fernando e Fábio** e a arquiteta **Anali**, que forneceram toda a informação e material necessário. Minha gratidão também aos **técnicos da manutenção e funcionários das recepções e ambientes do SADT e pacientes e visitantes**, pela compreensão e participação.

Aos arquitetos **Anderson e Francisco**, por contribuírem com tanta simpatia e conhecimento.

Aos **amigos do IAU**, por dividirem comigo as angústias e conquistas dessa trajetória.

E a todos que, mesmo não citados, contribuíram nesse jornada.

Muito obrigada!

A arquitetura hospitalar possui grande influência na recuperação do paciente e na produtividade e saúde dos funcionários, sendo indispensáveis aspectos como iluminação e ventilação natural, por contribuírem para boas condições psicológicas, visuais, térmicas e higiênicas. Estes fundamentos podem ser ilustrados através dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek, projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima. Neste sentido, o Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos, também projetado por Lelé, embora não tenha sido executado pela Rede Sarah, possui as estratégias de projeto frequentemente utilizadas pelo arquiteto, dispondo de um potencial de referência diante da realidade dos hospitais públicos. Diante disso, a pesquisa pretendeu analisar à nível projetual, como tais estratégias foram pensadas e como estão atualmente funcionando, levando em consideração seu impacto no conforto térmico dos usuários em períodos característicos de verão. Para isto, a pesquisa possui uma abordagem tanto qualitativa, como quantitativa, contemplando levantamento do estado da arte, análise projetual e análise de conforto térmico, baseado no modelo adaptativo e por meio da medição das variáveis ambientais e da aplicação de questionários. As análises apresentadas demonstram a singularidade do hospital, que se destaca diante de suas estratégias ambientais. No entanto, com a descaracterização dessas estratégias, a não previsão de algumas situações e a desconexão do usuário com o edifício, obteve-se como resultado o comprometimento do conforto térmico dos ocupantes. Nesse sentido, concluí-se que as soluções utilizadas devem estar alinhadas com a realidade requisitada, sendo preferível estratégias simplificadas e bem pensadas, que funcionem para o seu contexto. Acredita-se que na situação do hospital, seja apropriada a adoção de uma ventilação híbrida, para suprir o conforto térmico quando a ventilação natural não for suficiente, sendo essencial à operação das soluções já existentes.

**Palavras-chave:** Conforto Térmico, Ventilação Natural, Arquitetura Hospitalar, João Filgueiras Lima (Lelé).

Hospital architecture has a great influence on patient recovery and employee productivity and health, with aspects such as natural lighting and ventilation being essential, as they contribute to good psychological, visual, thermal and hygienic conditions. These fundamentals can be illustrated through the Sarah Kubitschek Network Hospitals, designed by the architect João Filgueiras Lima. In this sense, the University Hospital of the Federal University of São Carlos, also designed by Lelé, although not executed by the Sarah Network, has the design strategies frequently used by the architect and, having a reference potential in the face of the reality of public hospitals. Therefore, the research intended to analyze at the project level how such strategies were thought and how they are currently working, taking into account their impact on the thermal comfort of users in characteristic periods of summer. For this, the research has both a qualitative and quantitative approach, including a survey of the state of the art, project analysis and analysis of thermal comfort, based on the adaptive model and through the measurement of environmental variables and the application of questionnaires. The analysis presented demonstrates the uniqueness of the hospital, which stands out in the face of its environmental strategies. However, with the mischaracterization of these strategies, the non-anticipation of some situations and the disconnection of the user with the building, the result was the compromise of the thermal comfort of the occupants. In this sense, it is concluded that the solutions used must be aligned with the required reality, with simplified and well-thought-out strategies that work preferably in that context. It is believed that in the hospital situation, the adoption of hybrid ventilation is appropriate to supply thermal comfort when natural ventilation is not sufficient, being essential for the operation of existing solutions.

**Keywords:** Thermal Comfort, Natural Ventilation, Hospital Architecture, João Filgueiras Lima (Lelé).

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas.....	25
<b>Figura 2:</b> Faixa de temperatura operativa aceitável para ambientes naturalmente ventilados condicionados para velocidade do ar de até 0,3m/s.....	33
<b>Figura 3:</b> Distribuição das microgotículas respiratórias em ambiente interno com: (a) ventilação inadequada e (b) ventilação adequada.....	39
<b>Figura 4:</b> Esquema ilustrando percurso das partículas.....	43
<b>Figura 5:</b> Ventilação por ação dos ventos.....	45
<b>Figura 6:</b> Representação da ventilação unilateral (a) e cruzada (b).....	45
<b>Figura 7:</b> Hospitais da Rede Sarah: (a) Brasília, 1980; (b) São Luís, 1993; (c) Salvador, 1994; (d) Belo Horizonte, 1997; (e) Fortaleza, 2001; (f) Rio de Janeiro, 2001; (g) Brasília Lago Norte, 2003; (h) Macapá, 2005; (i) Belém, 2007; (j) Rio de Janeiro, 2009.....	49
<b>Figura 8:</b> Mapa da Rede EBSEH 2020.....	51
<b>Figura 9:</b> Gráfico da relação do número de publicações por ano.....	58
<b>Figura 10:</b> Mapa de localização de São Carlos.....	64
<b>Figura 11:</b> Rosa dos ventos para São Carlos.....	65
<b>Figura 12:</b> Zona Bioclimática 4.....	66
<b>Figura 13:</b> Carta Bioclimática da Zona 4.....	66
<b>Figura 14:</b> Zonas térmicas escolhidas para análise climática.....	71
<b>Figura 15:</b> Subsolo técnico (ambiente 1).....	71
<b>Figura 16:</b> Ambiente 2.....	72
<b>Figura 17:</b> Recepção (ambiente 2).....	72
<b>Figura 18:</b> Ambiente 3.....	73
<b>Figura 19:</b> Chefia da SADT (Ambiente 3).....	73
<b>Figura 20:</b> Ambiente 4.....	74
<b>Figura 21:</b> Recepção de Emergência (Ambiente 4).....	74
<b>Figura 22:</b> Área de espera (Ambiente 5).....	74
<b>Figura 23:</b> Equipamento termo higrômetro com <i>datalogger</i> .....	75
<b>Figura 24:</b> Equipamento multifuncional com sonda de esfera quente.....	76

<b>Figura 25:</b> Equipamento datalogger de temperatura com sonda NTC.....	76
<b>Figura 26:</b> Moldes em MDF.....	78
<b>Figura 27:</b> Abrigo meteorológico pronto.....	79
<b>Figura 28:</b> Entorno e vistas ao redor do hospital.....	85
<b>Figura 29:</b> Implantação do HU-UFSCar proposta inicialmente.....	86
<b>Figura 30:</b> Implantação do HU-UFSCar proposta atualizada com orientação solar e direção dos ventos dominantes.....	87
<b>Figura 31:</b> Esquema estrutural bloco B.....	89
<b>Figura 32:</b> Esquema estrutural bloco C.....	90
<b>Figura 33:</b> Locais com ventilação natural do HU-UFSCar.....	91
<b>Figura 34:</b> Corte esquemático dos blocos de serviços técnicos com sistema de ventilação.....	92
<b>Figura 35:</b> Espelho d'água e jardim externo.....	92
<b>Figura 36:</b> Aspersores ligados.....	92
<b>Figura 37:</b> Espelho d'água e jardim interno.....	93
<b>Figura 38:</b> Galerias subterrâneas.....	93
<b>Figura 39:</b> Dutos de ventilação.....	93
<b>Figura 40:</b> Ventilador nas galerias.....	94
<b>Figura 41:</b> Venezianas internas.....	94
<b>Figura 42:</b> Forros basculantes móveis.....	94
<b>Figura 43:</b> Sheds.....	95
<b>Figura 44:</b> Carta solar com insolação nas fachadas no HU-UFSCar.....	96
<b>Figura 45:</b> Entrada principal fachada sudeste.....	97
<b>Figura 46:</b> Aberturas fixas no rodapé.....	97
<b>Figura 47:</b> Adesivo da Campanha.....	99
<b>Figura 48:</b> Forros do W.C.....	99
<b>Figura 49:</b> Veneziana do W.C.....	99
<b>Figura 50:</b> Luminária LED área de espera.....	99
<b>Figura 51:</b> Usina solar fotovoltaica.....	99

<b>Figura 52:</b> Aracnídeos encontrados na área de espera.....	100
<b>Figura 53:</b> Conexão bloco B e C.....	100
<b>Figura 54:</b> Fachada noroeste do bloco B.....	100
<b>Figura 55:</b> Fachada sudoeste bloco B.....	101
<b>Figura 56:</b> Acesso ao subsolo técnico.....	101
<b>Figura 57:</b> Fachada nordeste bloco B.....	101
<b>Figura 58:</b> Fachada noroeste bloco C.....	102
<b>Figura 59:</b> Fachada sudeste bloco C.....	102
<b>Figura 60:</b> Fachada noroeste bloco C.....	102
<b>Figura 61:</b> Fachada sudeste bloco C.....	102
<b>Figura 62:</b> Máscara de sombra da fachada sudeste e noroeste do bloco C.....	103
<b>Figura 63:</b> Exaustor.....	103
<b>Figura 64:</b> Solário bloco internação.....	103
<b>Figura 65:</b> Vedação dos sheds.....	105
<b>Figura 66:</b> Ambiente com condicionamento natural e artificial.....	105
<b>Figura 67:</b> Vedação das venezianas.....	105
<b>Figura 68:</b> Vedação dos forros basculantes.....	106
<b>Figura 69:</b> Danificação dos espelhos d'água.....	106
<b>Figura 70:</b> Esquadrias impossibilitadas de abertura.....	107
<b>Figura 71:</b> Recepção Principal.....	108
<b>Figura 72:</b> Recepção Emergência.....	108
<b>Figura 73:</b> Ambientes SADT.....	108
<b>Figura 74:</b> Espera principal.....	109
<b>Figura 75:</b> Espera exames.....	109
<b>Figura 76:</b> Espera emergência.....	109
<b>Figura 77:</b> Panorama do comportamento da temperatura nos períodos monitorados.....	110
<b>Figura 78:</b> Variação da temperatura do ar no dias 17,18, 23 e 24/02/2022.....	112

<b>Figura 79:</b> Panorama do comportamento da umidade do ar nos períodos monitorados.....	113
<b>Figura 80:</b> Variação da umidade relativa do ar nos dias 17,18,23 e 24/02/2022.....	114
<b>Figura 81:</b> Variação da velocidade do ar nos dias 17,18,23 e 24/02/2022.....	115
<b>Figura 82:</b> Zona de conforto térmico aceitável para 80% das pessoas.....	117
<b>Figura 83:</b> Sensações térmicas subjetivas.....	120
<b>Figura 84:</b> Preferências térmicas subjetivas.....	120
<b>Figura 85:</b> Sensações em relação ao movimento do ar.....	121
<b>Figura 86:</b> Sensações em relação à umidade do ar.....	121
<b>Figura 87:</b> Frequência das ações adaptativas.....	122
<b>Figura 88:</b> Porcentagem das estratégias de condicionamento térmico preferida.....	124
<b>Figura 89:</b> Porcentagem referente a vivência em ambientes com ar-condicionado.....	124
<b>Figura 90:</b> Planta baixa ampliada do bloco B e C com áreas de ventilação natural.....	159

## LISTA DE TABELAS

---

<b>Tabela 1:</b> Índice de resistência térmica para vestimentas.....	28
<b>Tabela 2:</b> Taxa metabólica para diferentes atividades.....	28
<b>Tabela 3:</b> Escala Térmica do PMV de Fanger.....	30
<b>Tabela 4:</b> Taxas mínimas de ventilação para diferentes funções da ventilação.....	34
<b>Tabela 5:</b> Efeitos da velocidade do ar sobre os seres humanos.....	35
<b>Tabela 6:</b> Normais Climatológicas de São Carlos-SP (1981-2010).....	65
<b>Tabela 7:</b> Propriedades térmicas da parede.....	88
<b>Tabela 8:</b> Dados de monitoramento da temperatura do ar do dia 03-24/02/2022.....	111
<b>Tabela 9:</b> Comparação do comportamento da temperatura do ar de 1981-2010 e 2022.....	111
<b>Tabela 10:</b> Média dos dados do monitoramento da temperatura do ar nos dias analisados.....	112
<b>Tabela 11:</b> Dados do monitoramento da umidade relativa do ar do dia 03-24/02/2022.....	113
<b>Tabela 12:</b> Média dos dados do monitoramento da umidade relativa do ar nos dias analisados.....	115
<b>Tabela 13:</b> Média dos dados de velocidade do ar nos dias analisados.....	116
<b>Tabela 14:</b> Votos de aceitabilidade térmica e conformidade com a ASHRAE Std. 55.....	119
<b>Tabela 15:</b> Espessura, densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais que constituem a cobertura do bloco B do HU-UFSCar.....	158
<b>Tabela 16:</b> Espessura, densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais que constituem a cobertura.....	158
<b>Tabela 17:</b> Ocorrência de chuvas no período de monitoramento.....	160

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Categorias de adaptação segundo De Dear; Brager; Cooper (1997).....	31
<b>Quadro 2:</b> Aplicabilidade do método adaptativo na normas ASHRAE Standard 55 (2017).....	33
<b>Quadro 3:</b> Classificação por risco de transmissão de infecção das áreas de uma EAS.....	37
<b>Quadro 4:</b> Normativas e recomendações para quartos de internações hospitalar.....	42
<b>Quadro 5:</b> Combinações de palavras-chaves.....	56
<b>Quadro 6:</b> Portfólio Bibliográfico ordenado por representatividade de citações.....	57
<b>Quadro 7:</b> Descrição do levantamento de dados.....	67
<b>Quadro 8:</b> Descrição da entrevista.....	69
<b>Quadro 9:</b> Especificações técnicas do equipamento termo higrômetro com <i>datalogger</i> .....	75
<b>Quadro 10:</b> Especificações técnicas do equipamento multifuncional com sonda de esfera quente.....	75
<b>Quadro 11:</b> Especificações técnicas do equipamento <i>datalogger</i> de temperatura com sonda NTC.....	76
<b>Quadro 12:</b> Período de insolação nas fachadas do HU-UFSCar.....	96
<b>Quadro 13:</b> Roteiro medições.....	148

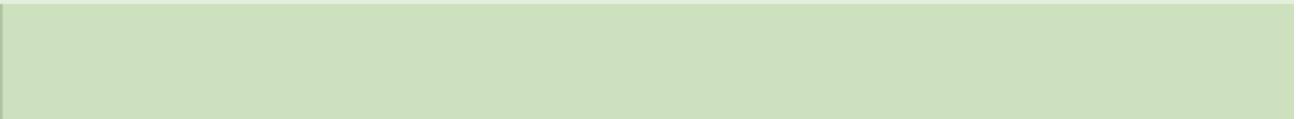
## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACH	<i>Air Changes per Hour</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
<i>clo</i>	Unidade representativa de isolamento de vestimenta
COVID	<i>Corona Virus Disease</i>
CTRS	Centro de Tecnologia da Rede Sarah
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
EBSERH	Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
HUFs	Hospitais Universitários Federais
HU-UFSCar	Hospital Universitário da Universidade de São Carlos
IAU	Instituto de Arquitetura e Urbanismo
Icl	Isolamento de vestimenta
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>met</i>	Unidade representativa de taxa metabólica
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
PPD	<i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i>
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SADT	Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico
SUS	Sistema Único de Saúde
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USP	Universidade de São Paulo
ZB4	Zona Bioclimática 4

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>1.1. Justificativa e relevância do tema</b> .....	21
<b>1.2. Objetivos</b> .....	22
1.2.1. Objetivo geral.....	22
1.2.2. Objetivos específicos.....	22
<b>1.3. Estrutura</b> .....	22
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	25
<b>2.1. Parâmetros do conforto térmico</b> .....	25
2.1.1. Mecanismos de termo-regulação.....	25
2.1.2. As variáveis do conforto térmico.....	26
2.1.2.1. Variáveis ambientais.....	26
2.1.2.2. Variáveis pessoais.....	27
2.1.2.3. Variáveis subjetivas.....	29
2.1.3. Indicadores de conforto térmico.....	29
2.1.3.1. Abordagem adaptativa.....	30
2.1.3.2. Aplicabilidade do modelo adaptativo pela ASHRAE Standard 55.....	32
<b>2.2. O uso da ventilação natural</b> .....	34
2.2.1. Ventilação natural para conforto térmico.....	35
2.2.1.1. Conforto térmico em hospitais.....	36
2.2.2. Ventilação natural para qualidade do ar.....	38
2.2.2.1. Qualidade do ar em hospitais.....	39
2.2.2.2. Pandemia COVID-19.....	42
2.2.3. Princípios físicos do movimento do ar.....	44
2.2.3.1. Ventilação pela ação dos ventos.....	44
2.2.3.2. Ventilação por diferença de temperatura.....	46
2.2.3.3. Simultaneidade dos efeitos.....	47
<b>2.3. Arquitetura para saúde</b> .....	47
2.3.1. Hospitais da Rede Sarah.....	48
2.3.2. Hospitais Universitários Federais.....	50
2.3.3. Hospital Universitário da UFSCar/SP.....	52
<b>2.4. O estado da arte sobre conforto térmico em hospitais naturalmente ventilados</b> .....	56
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	64
<b>3.1. Caracterização climática de São Carlos</b> .....	64

3.1.1. Estratégias bioclimáticas indicadas.....	66
<b>3.2. Levantamento de dados.....</b>	<b>67</b>
3.2.1. Visitas in loco e levantamento fotográfico.....	67
3.2.2. Entrevistas.....	68
<b>3.3. Análise Projetual.....</b>	<b>69</b>
3.3.1. Identificação e caracterização.....	69
<b>3.4. Análise de conforto térmico.....</b>	<b>70</b>
3.4.1. Definição das áreas de análise.....	70
3.4.2. Medição das variáveis ambientais.....	75
3.4.2.1. Abrigos meteorológicos.....	78
3.4.3. Aplicação de questionários.....	79
<b>4. FORMA DE ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>82</b>
<b>5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>85</b>
<b>5.1. Análise projetual.....</b>	<b>85</b>
5.1.1. Localização do terreno e implantação.....	85
5.1.2. Materiais e sistemas construtivos.....	87
5.1.3. Estratégias de conforto térmico.....	91
5.1.4. Alterações do projeto inicial.....	104
<b>5.2. Análise do conforto térmico.....</b>	<b>107</b>
5.2.1. Caracterização dos ambientes analisados.....	107
5.2.2. Variáveis ambientais.....	110
5.2.2.1. Temperatura do ar ( $t_a$ ).....	110
5.2.2.2. Umidade Relativa do ar ( $U_r$ ).....	113
5.2.2.3. Velocidade do ar ( $V_a$ ).....	115
5.2.3. Limites de conforto pelo modelo adaptativo.....	116
5.2.4. Variáveis psico-fisiológicas.....	118
5.2.4.1. População pesquisada.....	118
5.2.4.2. Aceitabilidade térmica.....	119
5.2.4.3. Sensações e preferências.....	120
5.2.5. Uso das oportunidades adaptativas.....	122
5.2.6. Cruzamento das variáveis ambientais e as psico-fisiológicas.....	125
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>129</b>
6.1. Proposta para trabalhos futuros.....	131
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>133</b>
<b>8. APÊNDICES.....</b>	<b>146</b>
APÊNDICE A: Escopo das perguntas aos escritórios envolvidos.....	146

APÊNDICE B: Roteiro medições.....	148
APÊNDICE C: Questionário aplicado na pesquisa para pacientes e visitantes.....	149
APÊNDICE D: Questionário aplicado na pesquisa para funcionários.....	151
APÊNDICE E: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	153
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>156</b>
ANEXO A: Propriedades térmicas dos materiais.....	158
ANEXO B: Planta baixa ampliada do bloco B e bloco C com áreas de ventilação natural demarcadas.....	159
ANEXO C: Ocorrência de chuvas no período monitorado.....	160



# INTRODUÇÃO

# 1. INTRODUÇÃO

Os edifícios hospitalares são instalações complexas de funcionamento intensivo ao longo das 24 horas diárias, com um alto número de pessoas circulantes, com demandas de insumos e energia diferenciadas (BITENCOURT, 2006), sujeitas a constantes atualizações em razão das novas tecnologias e normativas de saúde e segurança (BITENCOURT e COSTEIRA, 2014).

Esses estabelecimentos são espaços onde o cuidado com a saúde humana é o principal objetivo, sendo o ambiente capaz de contribuir para a recuperação e bem-estar do paciente, bem como atenção e produtividade dos funcionários (TINNER *et al.*, 2018).

Sendo assim, diante dos principais protagonistas e atividades realizadas nesses edifícios, é vital que o hospital ofereça uma adequada ventilação e circulação do ar para atender aos requisitos de conforto térmico e, principalmente, aos requisitos de higiene.

Em países como o Brasil, que possuem grandes extensões de clima tropical, a ventilação natural é uma estratégia bioclimática comumente empregada para fornecer altas taxas de fluxo de ar com baixo consumo de energia (GOBBI *et al.*, 2019). Autores como Rivero (1985), Camous e Watson (1986), Evans e Schiller (1994), Olgyay (2002), Allard (1998), entre outros, destacam a importância da ventilação natural para essas regiões.

O uso desse recurso natural pode reduzir significativamente o consumo de energia nas edificações. No Brasil, o consumo de energia das edificações representou 52% do consumo total em 2019 (EPE, 2020). De acordo com Lamberts *et al.* (2014), a energia elétrica operacional dos edifícios comerciais e públicos tem seu maior consumo voltado para a climatização dos ambientes, representando 48% do consumo de energia.

Um estudo elaborado pela Eletrobras *et al.* (2008), que envolveu 141 hospitais/clínicas distribuídos em todas as regiões do país indicou que 12,5%

dos custos totais operacionais do setor hospitalar são com energia elétrica, sendo 30% derivados dos sistemas de climatização artificial.

Além disso, diversos estudos também apontam os benefícios psicológicos provenientes da natureza, no qual a ventilação natural é contemplada, destacando-se duas grandes teorias, sendo uma delas a de Kaplan e Kaplan (1989), a respeito dos seus efeitos restauradores e a de Ulrich (1984), sobre seu efeito na redução do estresse.

Por isso, se beneficiar dessas fontes de energia da natureza traz resultados não apenas para economia de energia e na minimização dos impactos ambientais, mas também se evidenciam na qualidade de vida do ser humano no ambiente construído.

Todavia, se tratando de hospitais, entende-se que, mais do tais benefícios, a escolha de soluções que permitem o uso da ventilação natural se dão em razão da assepsia (LUKJANTCHUKI, 2010), em vista da grande variedade de partículas poluentes no ar presentes em seus ambientes (YAU *et al.*, 2011).

Esta é uma discussão que foi reiterada diante da recente pandemia global de COVID-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, iniciada no final de 2019, que sobrecarregou os sistemas de saúde em todo o mundo (REMUZZI e REMUZZI, 2020). O risco de infecção do vírus está diretamente relacionada à ventilação, sendo ela capaz de diluir as gotículas e aerossóis ligados ao vírus que são gerados através de tosse, espirro, fala e respiração dos infectados (CHEN e ZHAO, 2020).

O atual contexto deixou evidente a importância da qualidade do ar interno dos edifícios, destacando a condição de ventilação em hospitais e demais estabelecimentos de saúde, reconhecidos como locais de alto risco de infecção (LI e TANG, 2021).

Como uma das estratégias de ventilação, a natural pode fornecer altas taxas de ventilação com eficiência energética e provida de benefícios psicológicos. Além disso, essa é uma opção interessante em vista às dificuldades atreladas a instalação e manutenção do sistema de ventilação

mecânica, que podem resultar em um risco aumentado de transmissão de doenças (OMS, 2009).

Contudo, este é um recurso inconstante, sendo seu fluxo de ar e temperatura difíceis de prever e controlar. Nesse sentido, estudos como o de Qian *et al.* (2010), Gilkeson *et al.* (2013), Fugazza *et al.* (2019), entre outros, recomendam uma abordagem híbrida para eliminar a falta de confiabilidade, quando as forças naturais não forem suficientes.

Nos ambientes de um hospital, nem todos estão aptos à implantarem estratégias passivas em razão do seu nível de complexidade e risco de contaminação por agentes externos transportados pelo ar, por exigirem um controle específico e constante das variáveis ambientais (ANVISA, 2012).

Nesse sentido, áreas semicríticas e principalmente áreas não críticas possuem um grande potencial para o uso da ventilação natural, o que vai de encontro com o estudo de Short e Al-Maiyah (2009), onde os autores sugerem que até 70% da área útil de um hospital pode ser total ou parcialmente condicionado naturalmente.

No entanto, ainda nesses espaços, a RDC 50 (ANVISA, 2002) insiste na recomendação do uso do ar condicionado para que o controle e filtragem do ar sejam garantidos, o que desincentiva a escolha da ventilação natural como uma opção por parte dos projetistas. Segundo Carvalho (2003), a norma busca de maneira funcionalista assegurar a qualidade dos espaços, sem considerar as dimensões psicológicas do ambiente.

Diante disso, os hospitais da Rede Sarah, do arquiteto João Filgueiras Lima, apresentam soluções interessantes de serem observadas e analisadas, por relacionar e integrar as exigências normativas, como as necessidades físicas do ser humano, criando um espaço seguro com qualidade ambiental.

No Brasil, o arquiteto é muito conhecido por utilizar em suas obras, estratégias de ventilação e iluminação naturais, através de soluções de conforto, que integra princípios funcionais, econômicos e ambientais, alcançando não apenas um menor gasto com a energia elétrica, como também espaços mais

agradáveis, menos herméticos e, conseqüentemente, mais humanizados (LUKIANCHUKI, 2010).

#### 1.1. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

O Hospital Universitário de São Carlos (HU-UFSCar), objeto empírico desta pesquisa, teve seu projeto doado por João Filgueiras Lima, em 2004, para a Prefeitura Municipal de São Carlos, com a intenção de ser construída pelo Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS).

No entanto, uma decisão do Tribunal de Contas da União inviabilizou o fornecimento da produção do CTRS para fora da Rede Sarah. Desta forma, a Prefeitura Municipal de São Carlos licitou a construção do Hospital e o projeto do mesmo foi adaptado, tendo a participação do escritório Brasil Arquitetura e do escritório Apiacás Arquitetos nessa fase do projeto.

Enquanto os hospitais da Rede Sarah são destinados ao tratamento e reabilitação do aparelho motor, o Hospital Universitário de São Carlos, destinado a atender o curso de medicina da Universidade Federal de São Carlos, atende os pacientes de modo geral (PEREIRA, 2012).

Nesse contexto de estudo, o projeto do Hospital Universitário de São Carlos, mesmo sem a participação do CTRS, é um grande exemplo de arquitetura hospitalar que priorizava a ventilação e iluminação natural em todo o projeto, optando pela opção artificial apenas onde há a necessidade maior de um controle das variáveis ambientais.

Esse edifício é caracterizado pela presença de elementos como sheds, forros basculantes, fachadas envidraçadas, uso de vegetação, massas d'água, ventilação e iluminação natural, com objetivo de proporcionar um ambiente salubre e termicamente confortável dentro do contexto climático que se insere, sendo quente e seco (LUKIANCHUKI *et al.*, 2010).

No entanto, alguns trabalhos e relatos, como o de Perén (2006), Lima (2007), Prado *et al.* (2011) e Pereira (2012), constataram algumas alterações e adaptações que o projeto sofreu, entretanto, nenhum deles aponta o que isso significou para o conforto e desempenho térmico.

Embora haja um grande número de estudos sobre conforto térmico na literatura, são poucos os estudos referentes ao conforto térmico em ambientes hospitalares naturalmente ventilados, o que dificulta a aplicação de tal recurso natural nesses ambientes. Além disso, trabalhos como o de Cestavo (2021) expõe a necessidade de estudos de amostragem real sobre o comportamento das estratégias bioclimáticas para conclusões mais assertivas das simulações. É necessário pontuar também que teve-se como motivação adicional para essa pesquisa o contexto de pandemia da COVID-19, onde os hospitais e a ventilação natural receberam grande destaque.

## 1.2. OBJETIVOS

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a nível projetual, como as estratégias de condicionamento térmico passivo do Hospital Universitário da UFSCar foram pensadas e como estão funcionando atualmente, levando em consideração seu impacto no conforto térmico dos ocupantes.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Destacar as diferentes estratégias relativas ao conforto térmico e eficiência energética no Hospital Universitário de São Carlos;
- Identificar as alterações, motivações e consequências relativas às estratégias de condicionamento térmico passivo;
- Analisar o conforto térmico dos ocupantes dos ambientes naturalmente ventilados;
- Gerar informações que auxiliem na adequação do Hospital Universitário da UFSCar, bem como outros projetos hospitalares que desejam empregar o condicionamento térmico passivo na fase de projeto.

## 1.3. ESTRUTURA

O presente trabalho está estruturado em seis seções:

A primeira seção refere-se à introdução da pesquisa desenvolvida, contemplando justificativa e objetivos.

A segunda seção corresponde à revisão bibliográfica, desenvolvendo a temática sobre os parâmetros de conforto térmico, com foco na abordagem adaptativa. Além disso, abordou-se o uso da ventilação natural, destacando sua função para conforto térmico e qualidade do ar, dando ênfase nos hospitais e trazendo a pandemia de COVID-19 para fortalecer a função higiênica. Nessa seção também é abordado o tema da arquitetura hospitalar, contemplando os hospitais da Rede Sarah, os Hospitais Universitários Federais e a trajetória do Hospital Universitário da UFSCar. Enfim, é levantado o estado da arte na temática específica de conforto térmico em hospitais naturalmente ventilados.

A terceira seção corresponde à descrição dos procedimentos metodológicos que foram adotados para a realização do trabalho.

Na quarta seção é informada a forma e análise dos dados.

A quinta seção apresenta os resultados e discussões quanto a análise projetual e a análise de conforto térmico nos ambientes naturalmente ventilados analisados. A análise projetual contemplou aspectos como localização e implantação, materiais e sistemas construtivos, estratégias de conforto térmico e alterações do projeto inicial. Já na análise de conforto térmico foram discutidas as variáveis ambientais medidas e as variáveis psico-fisiológicas coletadas através de questionários.

Por fim, apresentam-se conclusões e recomendações para trabalhos futuros.



# REFERENCIAL TEÓRICO



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. PARÂMETROS DO CONFORTO TÉRMICO

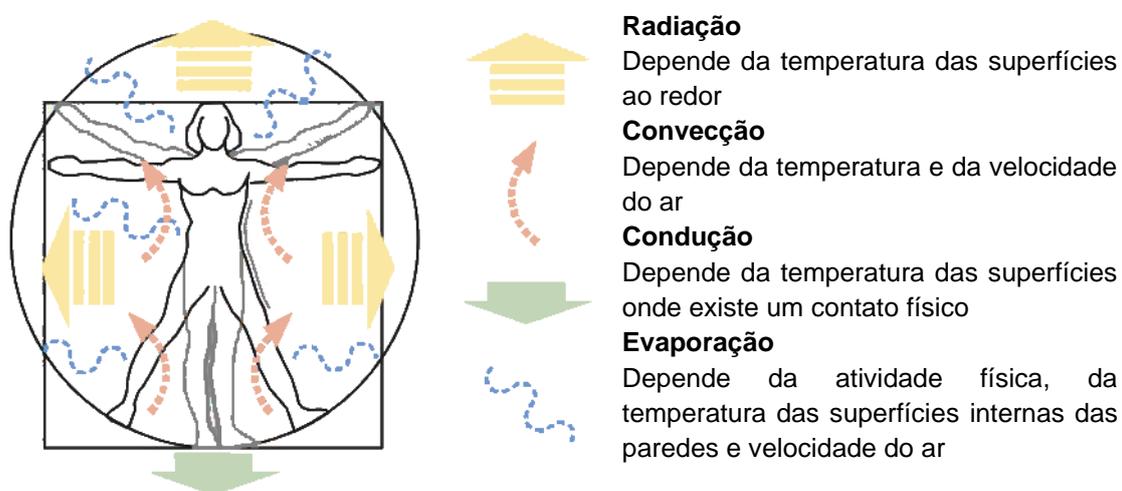
O conceito de conforto térmico, conforme definido pela ASHRAE *Standard 55* (2017), é entendido como estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico, no qual se trata de uma condição relativa, influenciada pelos mecanismos de adaptação fisiológica, condições ambientais e fatores individuais.

#### 2.1.1. Mecanismos de termo-regulação

O homem é um ser homeotérmico, capaz de manter a temperatura interna corporal de aproximadamente 37°C constante, independente das circunstâncias externas e de sua atividade física. Essa é uma função do organismo humano, com a finalidade de proteção dos órgãos internos (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Contudo, o corpo humano é um sistema termodinâmico, que produz calor e está a todo instante interagindo com o ambiente em uma contínua troca de calor, que ocorre por meio dos mecanismos de condução, convecção, radiação e evaporação (Figura 1), em busca de alcançar o equilíbrio térmico (LAMBERTS *et al.*, 2014).

**Figura 1:** Representação esquemática da fisiologia humana e trocas térmicas



**Fonte:** Adaptado de Lamberts *et al.* (2016).

Mesmo quando o ambiente oferece desconforto térmico, o organismo humano consegue automaticamente, por meio do sistema nervoso, acionar meios de compensação no organismo, como a vasoconstrição, a vasodilatação e a sudorese, interferindo nas trocas térmicas do corpo humano com o meio externo, a fim de regular os ganhos e perdas de calor do organismo, permitindo que a temperatura interna do organismo seja mantida de forma constante (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Todavia, a sensação de conforto térmico só é vivenciada quando a quantidade de calor produzida pelo metabolismo for compatível com a atividade realizada, sem que haja a necessidade de recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação (BARROSO-KRAUSE, 2004).

Essa é uma questão subjetiva por ser uma sensação humana, que terá variação de pessoa para pessoa e levará em consideração, além dos fatores físicos, os fatores fisiológicos e psicológicos. Sendo assim, a neutralidade térmica é apontada como condição necessária para o conforto térmico, porém, não suficiente (FANGER, 1970).

### **2.1.2. As variáveis de conforto térmico**

As condições de conforto térmico são função de um conjunto de fatores, que podem ser agrupadas em variáveis ambientais, variáveis individuais e variáveis subjetivas, na qual serão expostas a seguir.

#### **2.1.2.1. Variáveis ambientais**

As variáveis ambientais, compreendidas pela temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade relativa do ar e velocidade do ar (ISO 7726, 1998) estão relacionadas com as condições termo climáticas e podem ser medidas em campo, através de instrumentos de medição, com exceção da temperatura radiante média, que é determinada pelo uso de equações.

A temperatura do ar ( $T_a$ ), expressa em  $^{\circ}\text{C}$ , refere-se a temperatura ao redor das superfícies e do corpo humano, utilizada para determinar a troca de calor por convecção entre as pessoas e o ambiente ao redor (XAVIER, 2000).

A temperatura radiante média ( $T_{rm}$ ) é a temperatura uniforme de um ambiente imaginário em que a troca de calor por radiação é igual ao ambiente real não uniforme. Seu valor é obtido através da determinação da temperatura de termômetro de globo e da temperatura do ar (LAMBERTS *et al.*, 2016).

A umidade relativa do ar ( $U_r$ ) é definida como uma referência geral do teor de umidade do ar, expressa em termos de diversas variáveis termodinâmicas, como pressão de vapor, temperatura do ponto de orvalho e taxa de umidade (ASHRAE, 2017).

A velocidade do ar ( $V_a$ ), uma variável definida pela sua magnitude e direção (ISO 7726, 1998), auxilia no arrefecimento do corpo humano por convecção e remove a umidade da pele pela evaporação, aumentando a perda de calor decorrente da radiação solar e ganhos internos (COTTA, 2021).

#### 2.1.2.2. *Variáveis pessoais*

As variáveis pessoais contemplam a resistência térmica da vestimenta e a taxa metabólica do indivíduo. Essas são variáveis que vão diferir entre os ocupantes de um mesmo ambiente, sucedendo, portanto, diferenças na satisfação térmica.

A vestimenta funciona como um isolante térmico para o corpo humano, pois mantém junto ao corpo uma camada de ar e possibilita a minimização do ganho de calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador de suor (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Quanto à sua resistência, esta dependerá do tipo de tecido, da fibra, do ajuste ao corpo, e deve ser medida através das trocas secas relativas a quem usa (LAMBERTS *et al.*, 2016). Quanto maior for a sua resistência térmica, menor serão as trocas de calor realizadas pela pele por convecção e por radiação.

A unidade de medida dessa resistência é dada por clo, originada de *clothes* e segue a seguinte equivalência:  $1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ . O índice de resistência térmica ( $I_{cl}$ ) para a vestimenta de uma pessoa é obtida pela somatória de  $I_{cl}$ , seguindo os valores apresentados pela ISO 7730 (2005), conforme apresenta a Tabela 1.

**Tabela 1:** Índice de resistência térmica para vestimentas

Vestimenta	ICL (clo)	Vestimenta	ICL (clo)
Meias	0,02	Blusa com mangas compridas	0,15
Meia calça grossa	0,10	Saia fina	0,15
Meia calça fina	0,03	Saia grossa	0,25
Calcinha e sutiã	0,03	Vestido leve manga curta	0,20
Cueca	0,03	Vestido grosso manga comprida	0,20
Cuecão longo	0,10	Suéter	0,28
Camiseta de baixo	0,09	Jaqueta	0,35
Camisa de baixo mangas compridas	0,12	Bermuda	0,06
Camisa manga curta	0,15	Calça fina	0,20
Camisa fina mangas compridas	0,20	Calça média	0,25
Camisa manga comprida	0,25	Calça flanela	0,28
Camisa flanela manga comprida	0,30	Botas	0,10

Fonte: ISO 7730 (2005).

Quanto à taxa metabólica, esta é influenciada pela atividade física desempenhada pelo indivíduo e é a variável responsável pelo calor gerado pelo metabolismo, que influenciará na temperatura da pele a taxa de secreção de suor (LAMBERTS *et al.*, 2014).

De acordo com a ISO 8996 (2004), a taxa metabólica é dada pela unidade met (1 met = 58,2 W/m<sup>2</sup>) e pode ser determinada pelo consumo de oxigênio do indivíduo ou por meio de estimativas mediante a utilização de tabelas de referência, em função da atividade, como a Tabela 2, que apresenta dados relativos ao calor dissipado pelo corpo em função da atividade do indivíduo.

**Tabela 2:** Taxa metabólica para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo (W/m <sup>2</sup> )
Deitado, reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária	70
Atividade leve em pé	93
Atividade média em pé	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

Fonte: ISO 7730 (2005).

### 2.1.2.3. Variáveis subjetivas

As variáveis subjetivas estão relacionadas às percepções, avaliações e preferências de conforto térmico, podendo ser coletadas através da aplicação de questionários, com base da ISO 10551 (1995), que abrange escalas de julgamento para geração de dados confiáveis e comparativos sobre os aspectos subjetivos do conforto ou estresse térmico.

### 2.1.3. Indicadores de conforto térmico

Ao longo das últimas décadas, pesquisas foram desenvolvidas observando o comportamento humano e suas respostas térmicas, fisiológicas e psicológicas ao ambiente construído, na intenção de desenvolver modelos matemáticos que conseguissem prever essas respostas para garantir o conforto térmico. Nesse sentido, existem duas principais abordagens: a analítica/estática e a adaptativa (LAMBERTS *et al.*, 2014).

A abordagem analítica tem como principal expoente os estudos produzidos por Fanger (1970), que foram realizados em câmaras climatizadas, não considerando o usuário agindo de forma ativa em relação ao conforto térmico e tendo o pesquisador o controle das variáveis ambientais e pessoais, a fim de verificar a combinação que gera o maior conforto para o indivíduo naquele ambiente.

Os índices de conforto dessa abordagem foram os primeiros a serem desenvolvidos, dando origem a um modelo de análise de conforto térmico conhecido como PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), que serviram como base para a elaboração das normas internacionais, como a ASHRAE 55 e a ISO 7730 (LAMBERTS *et al.*, 2014).

O PMV, é um índice que prevê o valor médio da sensação térmica de um grande grupo de pessoas por meio da escala de sete pontos (Tabela 3), com base no equilíbrio de calor do corpo humano, e o PPD estabelece a quantidade de pessoas insatisfeitas (PIRES, 2015).

**Tabela 3:** Escala Térmica do PMV de Fanger

-3	-2	-1	0	1	2	3
Muito frio	Frio	Levemente frio	Neutro	Levemente quente	Quente	Muito quente

Fonte: Fanger (1970).

Quanto à abordagem adaptativa, as medições são realizadas em ambientes reais e sua metodologia pressupõe uma aproximação comportamental baseada na premissa de que o ser humano não é um agente passivo em face às condições térmicas oferecidas pelo edifício, sendo ele capaz de mudanças em resposta às suas sensações e preferências térmicas, alterando vestuário, atividade física, manipulação dos elementos arquitetônicos, dentre outros (NICOL e PAGLIANO, 2007; LAMBERTS *et al.*, 2014).

Esse modelo mostra a preferência dos ocupantes dos edifícios naturalmente ventilados por uma ampla gama de condições que refletem bastante o clima externo, ao contrário dos ocupantes dos edifícios com ar condicionado, no qual se encaixam melhor nas previsões do PMV (MONTEIRO, 2015). Segundo Humphreys e Nicol (2002), por não considerar as ações adaptativas, o modelo PMV subestima ou superestima a real sensação térmica das pessoas.

Ambos métodos estão presentes na ASHRAE 55 (2017), sendo o PMV destinado aos edifícios com ventilação mecânica e sistemas artificiais de aquecimento e arrefecimento de ar, e o modelo adaptativo, apenas para edifícios naturalmente ventilados. Sendo assim, em vista do objeto de estudo ser um edifício naturalmente ventilado, a seguir será abordado com maiores informações a abordagem adaptativa, que será utilizada.

#### 2.1.3.1. *Abordagem adaptativa*

Em alternativa aos modelos analíticos, entre as décadas de 1970 e 1980, se intensificaram os estudos que abordavam as adaptações de conforto térmico, destinados especialmente para ambientes naturalmente ventilados, impulsionados a partir dos estudos de Humphreys (1976) e motivados especialmente pela crise mundial do petróleo e da necessidade em reduzir o consumo de energia das edificações (MONTEIRO, 2015).

O fundamento dessa abordagem é expresso pelo princípio que codifica o comportamento dos ocupantes do edifício no ajuste para a temperatura ideal de conforto, de acordo com suas preferências térmicas, sendo estes agentes ativos (DE DEAR e BRAGER, 1998; HUMPHREYS e NICOL, 1998).

Desta forma, o modelo adaptativo propõe uma perspectiva fenomenológica na análise de conforto térmico, que enfatiza como as pessoas interagem em relação ao seu comportamento e espaço de forma a alcançar o conforto térmico no ambiente (DE DEAR *et al.*, 1997).

Nesse sentido, destacam-se três categorias de adaptação, compreendidas pelos mecanismos fisiológicos de aclimação e os processos comportamentais e psicológicos que os ocupantes do edifício se submetem para alcançar o conforto térmico adequado (DE DEAR *et al.*, 1997), descritas mais especificamente no Quadro 1:

**Quadro 1:** Categorias de adaptação segundo De Dear *et al.* (1997)

Categoria		Adaptação	
Comportamental	Modificações conscientes ou inconscientes no balanço térmico do corpo.	Pessoal	Alterações na vestimenta, atividade, postura, ingestão de bebida ou alimento e inclusive mudança de lugar.
		Tecnológica ou Ambiental	Abrir ou fechar de janelas e persianas, ligar ou desligar ventiladores ou aquecedores, bloquear difusores de ar, operar outros equipamentos de condicionamento de ar, dentre outros.
		Cultural	Envolve rotinas de atividades como dormir após o meio-dia e normas em relação à vestimenta.
Fisiológica	Alterações nas respostas fisiológicas que resultam da exposição a fatores ambientais térmicos	Genética	Alterações que se tornaram parte da herança genética de um indivíduo ou grupo de pessoas.
		Aclimação	Alterações nas configurações do sistema de termorregulação fisiológica durante um período de dias ou semanas, em resposta à exposição a fatores ambientais térmicos.
Psicológica	A dimensão psicológica de adaptação ao clima interno refere-se a alterar a percepção da informação sensorial, ou reagir a ela. Pode ser comparada à noção de “habituação”, exposição repetida ou crônica, que conduz a uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente.		

**Fonte:** De Dear *et al.* (1997) apud Pires (2015).

Esse é um modelo que engloba variáveis que não eram antes consideradas pelos índices de conforto tradicionais (FIGUEIREDO e FROTA, 2008), mas reconhecidas atualmente por especialistas e instituições como a ASHRAE, que acreditam que além da fisiologia humana, o conforto térmico também é

influenciado por aspectos comportamentais e psicológicos associados com as oportunidades de adaptação às condições ambientais locais (MONTEIRO, 2015).

E ainda que sejam variáveis difíceis de quantificar, resultam em uma maior aceitação de temperaturas mais elevadas no interior de um ambiente do que o previsto pelo PMV (DE DEAR e BRAGER, 1998). Portanto, a abordagem adaptativa traz vantagens que contemplam o fato de que os indivíduos que são expostos a ambientes ventilados naturalmente possuem uma maior tolerância às variações de temperatura (NICOL e HUMPHREYS, 2002).

Isso concebe uma ampliação da zona de conforto térmico que por conseguinte seriam representadas na obtenção de maiores níveis de satisfação aliadas a significativas economias de energia, além de ir de encontro com a problemática e preocupação ambiental.

Para isso acontecer, é importante ressaltar que o projeto deve oferecer a oportunidade de adaptação aos ocupantes, de forma que eles possam encontrar suas próprias condições de conforto de acordo com suas atividades, preferências e experiências. Ou seja, os limites a serem definidos estão na concepção projetual e não necessariamente em números específicos normativos (MONTEIRO, 2015).

#### 2.1.3.2. Aplicabilidade do modelo adaptativo pela *ASHRAE Standard 55*

Para a avaliação de conforto térmico pelo modelo adaptativo, é correntemente utilizado o método que consta na norma ASHRAE 55 (2017), proposto por De Dear *et al.* (1997), no qual foi compilado por De Dear e Brager (2002).

O método proposto tem origem nos dados utilizados no relatório ASHRAE RP-884, fruto de diferentes pesquisas pelo mundo, no qual reuniu amostras com cerca de 22.000 dados de edificações situadas em países da América, Ásia, Oceania e Europa (DE DEAR *et al.*, 1997).

A partir dessas análises, a temperatura de conforto encontrada obedece à regressão linear expressa na Equação 1, proposta por Brager *et al.* (2004), que

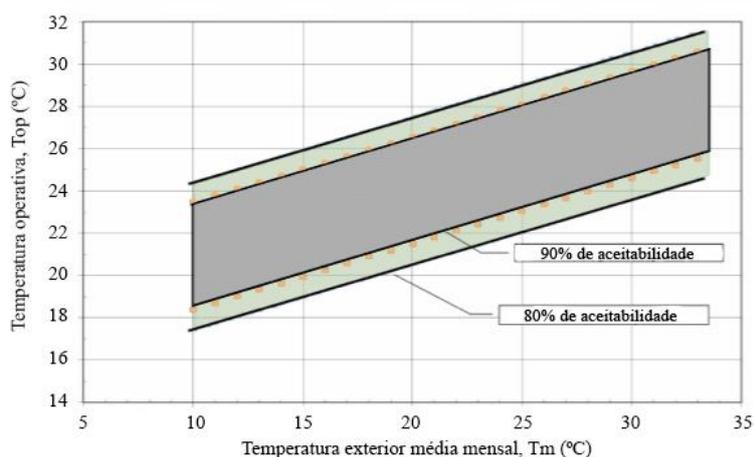
relaciona a temperatura operativa de conforto ( $T_{op}$ ), com a temperatura exterior média mensal ( $T_m$ ):

$$T_{op} = 17,8 + 0,31 \cdot T_m \quad (1)$$

onde  $T_{op}$  (°C) é a temperatura operativa de conforto e  $T_m$  (°C) é a temperatura exterior média mensal.

Sustentada por essa Equação, a Figura 2 apresenta o gráfico de temperatura aceitáveis para ambientes naturalmente ventilados. Os limites da zona de conforto pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2017) estabelece gamas de valores de  $\pm 3,5$  °C e  $\pm 2,5$  °C em torno da temperatura operativa de conforto para uma aceitabilidade de 80% e 90% respectivamente. Em resumo, os critérios de aplicabilidade desse modelo são apresentados no Quadro 2.

**Figura 2:** Faixa de temperatura operativa aceitável para ambientes naturalmente ventilados condicionados para velocidade do ar de até 0,3m/s



Fonte: Adaptado de ASHRAE 55 (2017).

**Quadro 2:** Aplicabilidade do método adaptativo na norma ASHRAE *Standard* 55:2017

<b>Critério</b>	<b>ASHRAE <i>Standard</i> 55:2017</b>
Temperatura Externa	A temperatura média externa deve estar entre 10°C e 33,5°C
Controle do usuário	Ambientes equipados com janelas operáveis e que estão sempre disponíveis aos ocupantes
Condicionamento do ar	Não deve existir resfriamento mecânico em operação no ambiente e não deve existir sistema de ar condicionado instalado no ambiente
Ventilação Mecânica	Não apresenta restrições
Aquecimento	O ambiente pode apresentar sistema de aquecimento, mas o método não se aplica quando esse sistema estiver sendo utilizado
Atividade Metabólica	Atividade dos ocupantes deve ser entre 1,0 e 1,3 met
Vestimenta	Os ocupantes são livres para adaptar suas vestimentas de acordo com as condições térmicas internas e externas entre 0,5 clo e 1,0 clo
Tipo de planta	Não apresenta restrições

Fonte: Adaptado de ASHRAE *Standard* 55 (2017).

Referente as deficiências do modelo, Fanger e Toftum (2002) apontam a não inclusão específica da vestimenta e da atividade, bem como a influência da umidade relativa e velocidade do ar. Segundo Lamberts et al. (2003), o projeto da norma brasileira de conforto térmico, que será incorporada à NBR 16401 (2008), utilizou a versão da ASHRAE *Standard 55* (2010) como principal inspiração.

## 2.2. O USO DA VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação natural em edificações consiste no deslocamento do ar interno através de aberturas em suas vedações, que funcionam como entrada ou saída (TOLEDO, 1999). Essa é uma importante estratégia de resfriamento passivo, na qual sua função se deve à razões higiênicas e térmicas.

A ventilação higiênica é de caráter permanente, para qualquer época do ano, enquanto a ventilação térmica é indicada quando as temperaturas e as taxas de umidade relativa são elevadas (RIVERO, 1985). No geral, as taxas de ventilação necessárias para o conforto térmico, são maiores que as taxas de ventilação exigidas a renovação do ar interno, conforme apresenta a Tabela 4.

**Tabela 4:** Taxas mínimas de ventilação para diferentes funções da ventilação.

Ventilação	Propósito	Taxa de ventilação
Ventilação mínima	Manter a qualidade do ar	Caso típico de inverno 0,75 – 1,50 ac/h
Resfriamento do espaço	Para ventilar o calor indesejado	Caso típico de verão 2,00 – 12,00 ac/h
Resfriamento fisiológico	Para fornecer movimento de ar direto aos ocupantes	Caso típico de verão 0,50 – 1,50 m/s

**Fonte:** Baker (2009, traduzido pela autora).

Além da manutenção da qualidade interna do ar e da promoção do conforto térmico, Allard (1998) também aponta, como benefícios da ventilação natural, o resfriamento da estrutura do edifício, quando a temperatura interna é maior que a externa, e a diminuição do consumo e gastos de energia, devido à minimização ou anulação do uso de aclimação artificial.

Para a sua aplicação, aspectos como direção, velocidade e frequência dos ventos, bem como episódios de vendavais e calmaria devem ser considerados. Além disso, existem vários artifícios que podem aumentar a

eficiência das estratégias básicas de ventilação, como o uso de espaços de transição, chaminés, shafts e aberturas frontais (ALLARD, 1998).

### 2.2.1. Ventilação natural para conforto térmico

No Brasil, depois do sombreamento, a ventilação natural é a estratégia bioclimática mais importante na busca pelo conforto térmico (LAMBERTS *et al.*, 2014), em vista de sua eficácia em regiões de clima quente e úmido. Além disso, Bittencourt e Cândido (2006) também destacam seu alcance social, que é indiscutível.

A ventilação natural para conforto térmico age como potencializador do arrefecimento corporal por convecção e auxilia na remoção da umidade da pele pela evaporação, aumentando, desta forma, a perda de calor decorrente da radiação solar e ganhos internos (COTTA, 2021). A eficácia desse resfriamento fisiológico depende da velocidade e temperatura do ar, sendo os altos valores de temperatura amenizados pelo aumento dessa velocidade (LUKIANCHUKI, 2015).

Contudo, não é qualquer velocidade que contribui para o conforto térmico. Nesse sentido, Freixanet e Viqueira (2004) apresentam os efeitos da velocidade do ar sobre os seres humanos e indicam a sensação de resfriamento provocada pelas diferentes velocidades do vento (Tabela 5). Esses dados podem auxiliar na obtenção da temperatura da zona de conforto com o auxílio da ventilação.

**Tabela 5:** Efeitos da velocidade do ar sobre os seres humanos

Velocidade do ar (m/s)	Efeito sobre os seres humanos	Efeito de esfriamento (°C)
0,10	Pode-se sentir sufocação	0,0
0,25	Há movimento imperceptível exceto com baixas temperaturas do ar	0,7
0,50	Sensação de frescor a temperaturas confortáveis, porém incomoda a baixas temperaturas	1,2
1,00	Agradável, geralmente quando o clima é confortável ou quente, porém causa sensação de movimento constante. É o nível máximo aceitável de conforto noturno	2,2
1,50	Incômodo a temperaturas confortáveis. Limite máximo conforto para atividades internas	3,3
2,00	Aceitável só em condições muito quentes e úmidas, quando nenhum outro alívio ambiental está disponível	4,2

**Fonte:** Lukiantchuki (2015) apud Freixanet e Viqueira (2004).

Na mesma linha, tem-se também como base para diversas pesquisas anteriores, a tabela de Evans e Schiller (1994), considerando a escala de Beaufort, a escala de Olgay (2002) e as recomendações da ASHRAE 55 (2017).

Na tabela de Evans e Schiller (1994), não há sensação de resfriamento de 0 à 0,5 m/s de velocidade do ar, sendo o movimento perceptível para o efeito de resfriamento de 0,6 à 1,5 m/s e o início de desconforto de 3,4 à 5,4 m/s. Já na escala de Olgay (2002), o ar é desapercibido até 0,25 m/s e agradável de 0,25 m/s à 0,50 m/s. Segundo tal escala, o início de desconforto se dá de 1,0 – 1,5 m/s, sendo necessárias medidas corretivas a partir de 1,5 m/s.

Quanto às recomendações da ASHRAE 55 (2017), é definido 0,8m/s como velocidade de ar máxima para ambientes onde a velocidade do ar não pode ser controlada e 1,2 m/s para ambientes com controle local.

Contudo, estudos como o de Cândido *et al.* (2011) e De Vecchi (2011) demonstraram que os ocupantes tendem a preferir velocidades do ar acima dos limites estabelecidos pela ASHRAE 55 e ISO 7730. Ambos estudos verificaram a aceitabilidade térmica em salas de aula, porém foram realizados em climas distintos, referentes à cidade de Maceió-AL e Florianópolis-SC.

#### 2.2.1.1. Conforto térmico em hospitais

O conforto ambiental é entendido como um estado de harmonia fisiológica, física e psicológica entre o ser humano e o ambiente, sendo influenciado por vários condicionantes ambientais e fisiológicos, os quais podem atuar em favor desde uma máxima eficiência de produtividade, saúde e energia mental e física, até causar efeitos de dores, tensão, adoecimento e morte (OLGYAY, 2002).

Em relação aos estabelecimentos onde são realizados serviços de assistência à saúde, o conforto ambiental é uma das principais respostas positivas que a arquitetura pode trazer a esses ambientes, uma vez que os principais protagonistas desse edifício são: (1) o paciente, que tem suas condições físicas e psicológicas abaladas, e (2) os funcionários desse estabelecimento, que também estão sob forte tensão, devido à realização de atividades de alto risco e responsabilidade.

Nesse sentido, cabe destacar que a sensação de conforto térmico dos pacientes pode diferir de pessoas saudáveis, de acordo com a situação em que estes se encontram (VERHEYEN *et al.*, 2011), sendo recomendado que o hospital ofereça mecanismos de adaptação como cobertores, janelas operáveis, ventiladores e ar condicionado, persianas, entre outros (QUADROS, 2016).

A RDC-50 (ANVISA, 2002) é a principal normativa brasileira que norteia o planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Nesta norma, as condições de conforto térmico estabelecidas baseiam-se na NBR 16401 (ABNT, 2008). Dentre seus posicionamentos, a norma considera que para “criar condições desejáveis de salubridade”, não é aconselhado o uso “das variáveis ambientais externas” (ANVISA, 2002, p.83), não se referindo em nenhum momento à ventilação natural como benéfica para o conforto térmico e qualidade do ar.

É certo que nem todos os ambientes de um EAS estão aptos a implantarem estratégias passivas em razão do seu nível de complexidade e risco de contaminação por agentes externos transportados pelo ar. Nesse sentido, a RDC-50 (ANVISA, 2002) classifica os ambientes de uma EAS de acordo com o Quadro 3.

**Quadro 3:** Classificação por risco de transmissão de infecção das áreas de uma EAS

Classificação	Definição	Exemplos
Áreas Críticas	São aquelas onde existe o risco de transmitir infecções é maior.	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.
Áreas Semi-Críticas	São todas as áreas ocupadas por pacientes com doenças infecciosas de baixa transmissibilidade e doenças não infecciosas.	Enfermarias e apartamentos, ambulatórios, banheiros, posto de enfermagem, elevador e corredores.
Áreas Não-Críticas	São todos os demais compartimentos dos EAS não ocupados por pacientes, onde não se realizam procedimentos de risco.	Vestiário, copa, áreas administrativas, almoxarifados, secretaria, sala de costura.

**Fonte:** Adaptado de ANVISA (2012).

Com base no Quadro 3, observa-se que o uso do ar condicionado com filtragem de insuflamento para controlar os agentes contaminantes é obrigatório nas áreas críticas, que devem oferecer condições específicas ambientais. Quanto as demais áreas, o condicionamento artificial não é uma exigência, apresentando, portanto, potencial para a criação de espaços que se apropriem do uso da ventilação e iluminação naturais. No entanto, a norma insiste na recomendação do uso do ar condicionado, para que o controle da filtragem do ar sejam garantidos.

Nesse sentido, atrelado à sua grande complexidade e ao crescente desenvolvimento tecnológico, observa-se uma numerosa despreocupação com a questão ambiental, muitas vezes desconsiderada na concepção desses edifícios, tendo as soluções de iluminação e ventilação naturais substituídas por sistemas mecanizados, que acarretam como principal consequência a despreocupação com a humanização e o aumento do consumo de energia elétrica (LUKIANANTCHUKI, 2010).

### **2.2.2. Ventilação natural para qualidade do ar**

A ventilação natural também desempenha um papel fundamental no controle da qualidade do ar, salubridade dos ambientes e saúde, segurança e bem-estar de seus ocupantes. Segundo Baker (2009), para atingir níveis aceitáveis de qualidade interna do ar, a ventilação deve fornecer uma quantidade suficiente de oxigênio, diluir odores produzidos pelo corpo e diluir partículas tóxicas, como vapores, poeira e outros poluentes.

Um exemplo muito comum desses poluentes, presentes em produtos de limpeza, colas, tintas, vernizes, e muitas outras fontes, são os componentes orgânicos voláteis. Altas concentrações destas substâncias podem desenvolver situações desagradáveis ou mesmo perigosas para a saúde das pessoas (HEINEN, 1998). Nesse sentido, a Organização Mundial da Saúde atribui o termo “Síndrome do Edifício Doente” para edifícios que oferecem danos causados pelo ar contaminando.

Estudos como o de Mendell *et al.* (1996), demonstram o aumento de sintomas relacionados à qualidade do ar, como irritações nos olhos, nariz e pulmões, dores de cabeça, tontura, náusea e vômitos entre outros, em edifícios

que utilizam ventilação mecânica em comparação com os edifícios ventilados naturalmente. Além disso, o ar resfriado de forma forçada pode causar rinite alérgica, devido à mudança drástica de temperatura (ROMÉRO, 2006).

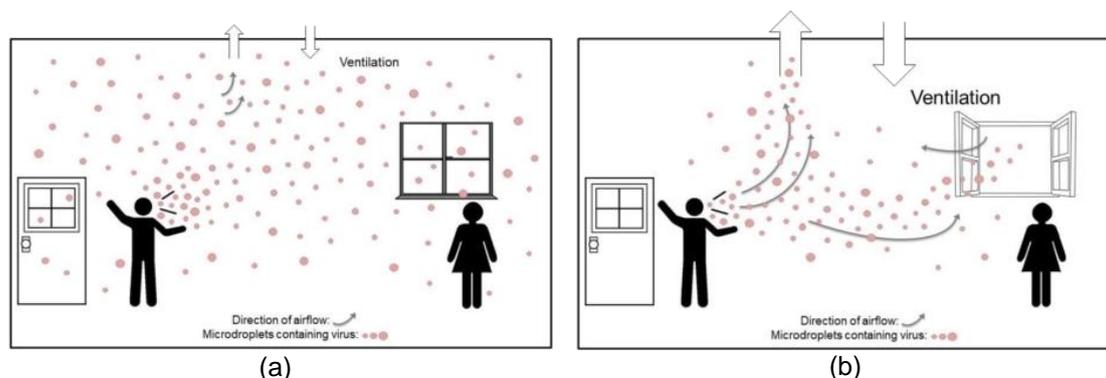
Em vista disso, a quantidade de ventilação necessária para garantir uma qualidade de ar interno aceitável depende da quantidade e da natureza da fonte poluente (ALLARD, 1998). Muitos países estipularam as trocas mínimas de ar por hora para ventilação permanente, contudo, muitas vezes, estes valores podem ser conseguidos pela infiltração de ar, através de janelas ou portas (GIVONI, 1976).

### 2.2.2.1. Qualidade do ar em hospitais

A importância da qualidade interna do ar nos hospitais é destacada diante do público e das atividades que caracterizam esse edifício, estando totalmente atrelada à proteção de infecção hospitalar. Segundo Yau *et al.* (2011), os hospitais podem conter uma grande variedade de partículas poluentes no ar, tais como bioaerossóis e gases poluentes liberados a partir de organismos vivos e resíduos de gases anestésicos.

Para minimizar tal risco, é crucial que se garanta uma adequada renovação do ar, por meio de uma ventilação eficiente, fundamental para dissipação dos contaminantes presentes no ar. Conforme ilustrado pela Figura 3, a ventilação deficiente pode contribuir para o acúmulo de maior carga de poluentes.

**Figura 3:** Distribuição das microgotículas respiratórias em ambiente interno com: (a) ventilação inadequada e (b) ventilação adequada



Fonte: Morawska e Milton (2020).

Os três elementos-chaves de ventilação que influenciam na infecção transmitida pelo ar compreende-se pela taxa de ventilação, direção do fluxo e

padrão do fluxo do ar (QIAN e ZHENG, 2018). Nesse sentido, existem três métodos que podem ser usados para ventilar um edifício: ventilação natural, mecânica e híbrida.

Para a escolha de tais sistemas, é necessário que se leve em consideração as necessidades, disponibilidade de recursos e custo. Tanto os sistemas de ventilação natural como os de ventilação mecânica possuem potencial de eficácia para o controle de infecção. No entanto, para que a ventilação natural seja possível é necessário que estejam disponíveis as forças naturais, no qual são recursos instáveis e imprevisíveis. Por outro lado, as dificuldades atreladas a instalação e manutenção do sistema de ventilação mecânica podem resultar em um risco aumentado de transmissão de doenças (OMS, 2009).

Desta forma, a questão principal é que a ventilação seja eficiente, oferecendo as taxas necessárias de renovação do ar, sem que haja a recirculação do ar para os demais ambientes. Quando a ventilação natural não atende à isso, faz-se necessária a adoção da ventilação mecânica ou artificial, atentando-se para limpeza e manutenção adequada dos filtros.

Nessa temática, destaca-se o estudo de Qian *et al.* (2010), realizado em um hospital de Hong Kong, que mostrou que dadas as condições ambientais adequadas, era possível alcançar até 69 ACH com a ventilação natural, sendo possível eliminar a falta de confiabilidade com a integração de exaustores.

Nessa mesma linha, Escombe *et al.* (2019) sugeriram o uso da ventilação natural para controle de infecção de Tuberculose e Jiang *et al.* (2003) descobriram que grandes janelas de ventilação em dois edifícios hospitalares reduziram o risco de infecção pelos profissionais de saúde durante o surto de SARS em Guanhong, em 2003.

Em relação às recomendações das normativas e documentos internacionais e nacionais, a ANSI/ASHRAE *Standard* publicou em 2007 indicações para hospitais, sendo prescritas as taxas e condições de abastecimento do ar externo para se obter uma condição de qualidade de ar aceitável em quartos de internação.

Em 2009, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um guia com diretrizes específicas para ventilação natural em hospitais, onde é destacado o princípio da ventilação híbrida. No mesmo sentido, a edição de 2014 do *Guidelines for design and Construction of Hospital and Outpatient Facilities*, publicada pelo *Facility Guidelines Institute* (FGI) incorporou na íntegra a *ASHRAE Standard 170 – Ventilation of Health Care Facilities* (2013), que complementa a *ANSI/ASHRAE Standard 62.1* (ASHRAE, 2007).

No Brasil, as normativas que abordam a qualidade interna do ar e nas quais a RDC 50 (ANVISA, 2002) se apoia, consideram apenas ambientes artificialmente condicionados. As normas mencionadas são a resolução RE nº 9, da ANVISA (2003), a NBR 16401 (ABNT, 2008) e a NBR 7256 (ABNT, 2005), que é destinada à ambientes que exigem maior assepsia. A ANVISA (2014) também elaborou o manual “Conforto Ambiental em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde”, que recomenda as trocas de ar para os ambientes de acordo com o tipo de paciente.

Recentemente, a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021) publicou orientações oficiais sobre a ventilação em ambientes internos através do “Roteiro para melhorar e garantir uma boa ventilação no contexto da covid-19”. O documento é dividido em indicações para instalações de saúde, espaços comerciais e ambientes residenciais, levando em consideração a ventilação mecânica e natural.

No Quadro 4 são apresentados os indicativos referentes às taxas de renovação de ar nas normativas e documentos citados anteriormente. Além de tal recomendação, algumas normativas também trazem parâmetros para a quantidade de pessoas por m<sup>2</sup> e faixas de temperatura e umidade relativa do ar.

De acordo com Quadros (2016), há uma falta de consenso entre as normativas em relação às unidades de medida e valores de taxas de renovação do ar. Além disso, situações de não conformidade com as diretrizes da OMS para a qualidade do ar interno foram frequentemente relatadas em pesquisas anteriores, conforme a revisão de Fonseca *et al.* (2022).

**Quadro 4:** Normativas e recomendações para quartos de internação hospitalar

<b>Normativas</b>	<b>Recomendações</b>
Guia da OMS (OMS, 2009)	80l/s/paciente para os quartos de internação com risco de infecção; 60l/s/paciente para quartos de internação e enfermarias em geral; 2,5l/s/m <sup>3</sup> para as circulações.
Guia da OMS (OMS, 2021)	160 l/s/paciente ou 12 ACH onde são realizados procedimentos de geração de aerossol e 60l/s/paciente ou 6 ACH para os demais.
ANSI/ASHRAE <i>Standard</i> 62.1 (ASHRAE, 2007)	10 pacientes a cada 100m <sup>2</sup> e 13l/s/paciente para quarto de internação geral;
ASHRAE <i>Standard</i> 170 (ASHRAE, 2013)	4 ACH em quartos de internação; Umidade relativa do ar máxima de 60%; Temperatura entre 21 e 24°C
RE nº 9 (ANVISA, 2003)	27m <sup>3</sup> /hora/pessoa para ambientes de uso público; Taxa de contaminação química máxima de 1000ppm de dióxido de carbono e 80 µg/m <sup>3</sup> de aerossóis no ar (indicador da renovação do ar e grau de pureza do ar, respectivamente); Temperatura de Bulbo Seco entre 23 e 26°C no verão e entre 21 e 24°C no inverno; Umidade Relativa do Ar entre 40 e 65% no verão e entre 35 e 65% no inverno.
NBR 7256 (ABNT, 2005)	36 (m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> em quartos para internação de transplantados; 18(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>2</sup> em quartos para pacientes com infecção transmitida pelo ar; Temperatura do ar entre 21 a 24°C; Umidade relativa do ar de 40 a 60%
Manual de Conforto (ANVISA, 2014)	6 renovações para pacientes em isolamento com doenças infecciosas; 15 renovações em salas com pacientes imunocomprometidos; 15 à 25 renovações, com substituição do fluxo do ar, em salas de cirurgia.

#### 2.2.2.2. Pandemia COVID-19

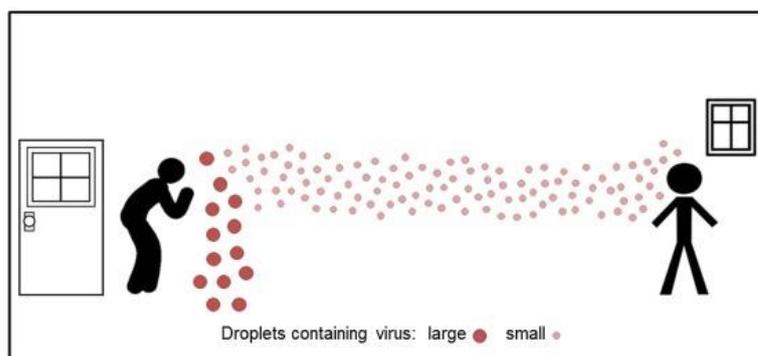
Nos últimos anos, as questões de qualidade do ar receberam uma maior atenção, sob influência do COVID-19, que teve os primeiros casos registrados no final de 2019, colocando hospitais e estabelecimentos de saúde em destaque. Este cenário proporcionou um amplo debate entre pesquisadores referente as vias de transmissão do vírus em ambientes internos, com destaque na transmissão pela via aérea.

Com a expiração das gotículas carregadas de patógenos no ar, por meio de espirros, tosses, falas e até mesmo pela respiração, o conteúdo líquido começa a evaporar e algumas gotículas tornam-se tão pequenas (aerossóis), que diferentemente das gotículas maiores e de curto alcance, estas sofrem mais influência pela corrente de ar do que pela gravidade, ficando livres para percorrer pelo ar por dezenas de metros carregadas de conteúdo viral (Morawska *et al.*, 2009), conforme ilustra a Figura 4.

Neste sentido, Morawska e Milton (2020) apontam como medidas de precaução: (1) o fornecimento de ventilação suficiente e eficaz, minimizando a

recirculação do ar; (2) o complemento da ventilação geral com controles de infecções transmitidas pelo ar, como exaustão local, filtragem de ar de alta eficiência e luzes ultravioletas germicidas; (3) e o evitamento da superlotação. Além disso, equipamentos de proteção individual (EPI), como máscaras e respiradores também são recomendados.

**Figura 4:** Esquema ilustrando percurso das partículas



**Fonte:** Morawska *et al.*, (2009).

É necessário que a ventilação desempenhe um papel crítico na remoção do ar exalado carregado de vírus, tendo como princípio central substituir o ar contaminado pelo ar limpo (Morawska *et al.*, 2020). Esse é um dos meios mais importantes para controlar a infecção cruzada, removendo ou diluindo os aerossóis carregados de vírus exalados pelos pacientes infectados.

Segundo Tang *et al.* (2021), o papel da ventilação na transmissão interna de vírus tem sido negligenciado há anos. Nesse sentido, Dancer *et al.* (2022) complementam dizendo que foi preciso uma nova pandemia, para focar a atenção nos patógenos transportados pelo ar e que nesse contexto, deve-se explorar todas as possibilidades para proteger a equipe e os pacientes agora e no futuro.

Referente aos estudos que foram produzidos na temática, um dos primeiros casos que ganhou bastante atenção foi o surto de COVID-19, causado por um paciente assintomático e induzido pelo aparelho de ar condicionado, em um restaurante em Guangzhou, na China, que expôs a vulnerabilidade a futuros surtos relacionados à ventilação em espaços públicos (Lu *et al.*, 2020).

Dentre os estudos que envolvem hospitais, Li e Tang (2021) verificaram em tempo real o risco de infecção de COVID-19 nos principais espaços funcionais de um ambulatório em Shenzhen, na China. Os autores observaram

que os espaços confinados quando submetidos à ventilação natural, tinham seu risco de infecção reduzido.

Ma *et al.* (2022) propuseram um novo modelo para quantificar a relação de influência entre várias zonas do edifício devido ao fluxo do ar, que foi utilizado para analisar e otimizar o layout de um hospital em Wuham, China. Os resultados mostraram que tanto a ventilação mecânica, quanto a natural obtiveram influencia e com a otimização do layout, o risco de infecção pôde ser reduzido em 14,42%.

Dancer *et al.* (2022) investigaram as possíveis causas de aglomerado de COVID-19 em um hospital da Escócia e concluíram que inclusão de uma ventilação natural aprimorada ajudou a reduzir os aglomerados de COVID-19.

Certamente e felizmente, como afirmado por Toledo (2020), a arquitetura hospitalar não será mais a mesma após a COVID-19. Segundo o arquiteto, é necessário repensar a rede pública de atenção à saúde, estabelecendo estratégias para adequá-las ao enfrentamento da atual e futuras doenças em nível epidêmico.

Toledo (2020) acredita que tais mudanças devam refletir no percentual de leitos de UTI, diminuição do número de leitos por enfermaria, aumento do espaçamento entre os leitos, criação de internações individuais, bem como o aumento de ambientes dotados de sistemas especiais de condicionamento e exaustão do ar.

### **2.2.3. Princípios físicos do movimento do ar**

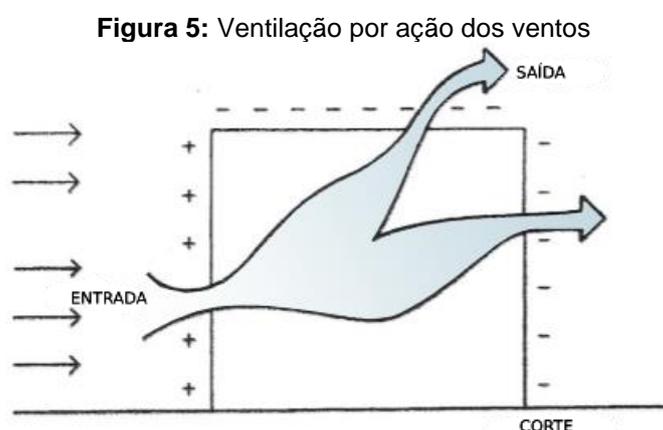
Os principais efeitos físicos que promovem a ventilação natural são induzidos por um diferencial de pressão e podem ser causados pela ação dos ventos, diferença de temperatura do ar interno e externo ou ambas forças agindo simultaneamente (FROTA, 2000).

#### *2.2.3.1. Ventilação pela ação dos ventos*

Segundo Allard (1998), os principais fatores que influenciam a ventilação pelo vento são relacionados a forma e implantação do edifício, entorno, paisagismo e obstáculos do entorno, bem como direção, velocidade e frequência dos ventos dominantes da região.

A “ação dos ventos” é produzida através da convecção da energia cinética do vento em pressão estática sobre a envolvente do edifício, que é transformada em energia potencial contra obstáculos (ALLARD, 1998). Essa ação sobre o edifício causa diferenças de pressão, que provoca a formação de zonas expostas a pressões positivas (barlavento) e de zonas expostas a pressões negativas (sotavento) (FROTA, 2000).

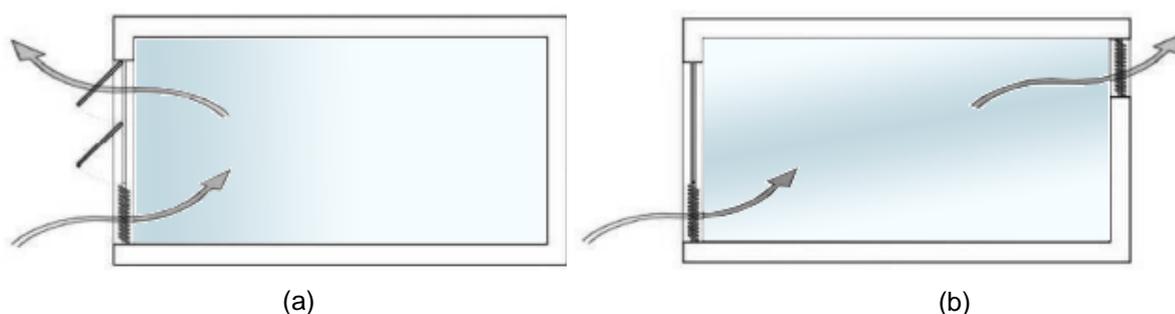
Nesse caso, as fachadas voltadas para a direção do vento, receberão a pressão positiva do vento, para a entrada do ar, enquanto a cobertura e as fachadas não expostas ao vento, estão submetidas à pressão negativa, para a saída do ar, conforme ilustra a Figura 5 (ALLARD, 1998).



**Fonte:** Adaptado de Frota e Schiffer (2001).

Esse tipo de ventilação pode ser classificado como unilateral ou cruzada. A ventilação unilateral (Figura 6a) acontece quando existe apenas uma abertura, ou quando as aberturas de entrada e saída de ar encontram-se na mesma fachada. Já a ventilação cruzada (Figura 6b) ocorre quando as aberturas estão posicionadas em paredes opostas ou adjacentes, sendo a entrada das aberturas nas zonas de pressão e de saída nas zonas de sucção (LUKIANCHUKI, 2015).

**Figura 6:** Representação da ventilação unilateral (a) e cruzada (b)



**Fonte:** Adaptado de Scottish Executive (2007).

Segundo Toledo (1999), a ventilação cruzada permite um melhor aproveitamento pela ventilação do vento. Essa teoria pode ser entendida através de estudos como o de Prajongsan e Sharples (2012), que por meio de simulações computacionais em dinâmica de fluidos (CFD), verificaram que a velocidade do ar em um ambiente com ventilação unilateral diminui rapidamente para 0 m/s, enquanto em um ambiente com ventilação cruzada, a ventilação atinge seu valor mínimo a uma distância de 4 metros da abertura de entrada do ar e depois volta a subir quando se aproxima da abertura de saída do ar.

No que se refere aos hospitais, Quadros (2016) cita que em razão de estarem geralmente localizados em centros urbanos e, apresentarem uma tipologia verticalizada, a maioria dos ambientes hospitalares são ventilados unilateralmente. Nesses casos, quando a ventilação cruzada não é possível, a alternativa mais indicada é a ventilação unilateral dupla.

#### *2.2.3.2. Ventilação por diferença de temperatura*

A ventilação ocasionada pela diferença de temperatura, ou efeito chaminé, gera um gradiente vertical de pressão que faz com que o ar se movimente verticalmente quando a temperatura interna é superior à externa. Segundo Toledo (1999), o ar do interior tende a ter temperaturas mais elevadas que do ar exterior, à sombra, em virtude aos ganhos de calor interno e de calor solar.

As massas de ar aquecidas tornam-se menos densas e se elevam, saindo pelas aberturas mais altas no recinto, proporcionando o surgimento de pressões negativas nas aberturas situadas nos pontos mais baixos, ocasionando a entrada do ar externo, com temperatura mais baixa (FROTA, 2000).

Além da diferença de temperatura externa e interna, o efeito chaminé também dependerá na organização e do tamanho das aberturas, bem como da distância vertical entre elas. Quanto maior o tamanho e diferença de altura entre as aberturas de entrada e saída de ar, maior o fluxo de ar (NEVES, 2006). Quando não houver a disponibilidade do vento, a ventilação por efeito chaminé é o único responsável pela renovação do ar nas edificações que não possuem sistemas mecânicos de ventilação (TOLEDO, 1999).

### 2.2.3.3. Simultaneidade dos efeitos

Uma boa ventilação é aquela que conjuga a ação dos ventos com o efeito chaminé (TOLEDO, 1999), evitando que o vento predominante atue em oposição ao efeito chaminé (FROTA, 2000). Allocca *et al.* (2003) investigaram o comportamento da combinação dos dois efeitos em um quarto com ventilação unilateral e perceberam que em situações de baixa disponibilidade de ventos externos, o efeito chaminé é dominante e em situações de alta disponibilidade, a ação do vento se torna dominante, anulando o efeito chaminé a partir de 4m/s.

## 2.3. ARQUITETURA PARA SAÚDE

Segundo o Ministério da Saúde/Anvisa (2002), o hospital é definido como parte integrante de uma organização médica e social, dotado de internação, meios diagnósticos e terapêuticos, com o objetivo de prestar assistência médica curativa e de reabilitação, podendo dispor de atividades de prevenção, assistência ambulatorial, atendimento de urgência/emergência e de ensino/pesquisa.

Essas edificações são estabelecimentos de funcionamento intensivo ao longo das 24 horas diárias, que possuem um alto número de pessoas circulantes, com demandas de insumos e energia diferenciadas e exigem reserva e grande magnitude das instalações (BITENCOURT, 2006).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, é a responsável pelas Normas e Resoluções desse setor, sendo a RDC 50 (ANVISA, 2002) a principal. Essa norma é responsável pelo regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS).

No entanto, é necessário que o projeto desse espaço extrapole a visão sanitária e de vigilância e amplie seu olhar para relação direta entre o ambiente construído e a resposta terapêutica, sendo o desenho de um hospital capaz de influenciar positivamente na saúde do paciente, bem como no desempenho e na satisfação dos profissionais que o atendem (CIACO, 2010).

A seguir serão abordados, de uma forma geral, os hospitais da Rede Sarah, que são as maiores referências de hospitais que utilizam estratégias de ventilação natural no Brasil, além de terem sido projetados pelo mesmo arquiteto do HU-UFSCar. Na sequência, serão introduzidos os Hospitais Universitários Federais e apresentada a trajetória do Hospital Universitário da UFSCar, objeto de estudo desta pesquisa.

### **2.3.1. Hospitais da Rede Sarah**

A Rede de hospitais Sarah surgiu em 1960, com a implantação do Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek, em Brasília, administrada pela Fundação das Pioneiras Sociais, decorrente do projeto apresentado ao Congresso Nacional pelo Presidente Juscelino Kubitscheki (REDE SARAH, 2020).

A partir do surgimento da Rede de Hospitais Sarah foi criado o Centro de Tecnologia da Rede Sarah – CTRS, tendo como principais objetivos, segundo Lima (1999):

- a) Construir os novos edifícios destinados à expansão da Rede;
- b) Ajustar permanentemente os espaços hospitalares às eventuais modificações de funcionamento, decorrentes da introdução de novas tecnologias;
- c) Desenvolver projetos e fabricar equipamentos adequados à manutenção das técnicas de tratamento desenvolvidas na Rede;
- e) Efetuar a manutenção predial e dos equipamentos da Rede (LIMA, 1999).

Em 1980, é inaugurado em Brasília o primeiro Hospital do Aparelho Locomotor, tendo como diretrizes o conceito do *progressive care*, a criação de ambientes adequados ao tratamento dos pacientes e a produção de equipamentos para atender todas as necessidades da rede (LIMA, 1995). A partir disso, outros hospitais começaram a ser implantados, como ilustra a Figura 7.

Segundo Latorroca (1999), os princípios norteadores do partido arquitetônico do Sarah Brasília, que pode ser identificado nos outros projetos que foram construídos posteriormente, são: flexibilidade e extensibilidade da construção e das instalações, criação de espaços verdes, padronização de elementos da construção, iluminação e ventilação naturais no ambiente.

**Figura 7:** Hospitais da Rede Sarah: (a) Brasília, 1980; (b) São Luís, 1993; (c) Salvador, 1994; (d) Belo Horizonte, 1997; (e) Fortaleza, 2001; (f) Rio de Janeiro, 2001; (g) Brasília Lago Norte, 2003; (h) Macapá, 2005; (i) Belém, 2007; (j) Rio de Janeiro, 2009



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)



(j)

**Fonte:** Relatório SARAH (2019).

Quanto ao repertório de estratégias passivas presentes na Rede Sarah, destaca-se o uso de protetores solares verticais e horizontais para proteção da incidência direta da radiação solar, galerias subterrâneas com resfriamento

evaporativo para ventilação natural, vegetação e espelhos d'água, sheds, para fins de otimização de iluminação e ventilação naturais, dentre outras.

Dentre todas essas estratégias, o Shed é uma das características mais marcantes presentes nos projetos do Lelé para os Hospitais da Rede Sarah, sempre posicionados de forma para maximizar o uso da ventilação e da luz natural em grande parte dos espaços (SILVA, 2019).

Em todos os projetos da Rede Sarah, o conforto térmico foi uma preocupação. Para minimizar riscos de infecção, o arquiteto fez uso da ventilação vertical, evitando a disseminação dos vírus por todos os ambientes do hospital, consistindo na entrada do ar pelas galerias subterrâneas e em seguida, com o ar insuflado pela parte inferior das paredes, e por fim, extraído pelos sheds (LUKIANCHUKI *et al.*, 2011).

Esse modelo adotado na Rede Sarah, rompe com o paradigma do sistema de saúde e contrasta com o que acontece na rede hospitalar pública e privada nacional. São hospitais considerados referência para os tempos atuais, como expõe Toledo (2020), em frente da necessidade de se repensar a rede pública de atenção à saúde após o COVID-19.

“Estou seguro que, mais do que nunca, será necessário revisitar a obra de João Filgueiras Lima, principalmente os hospitais da Rede Sarah, onde Lelé desenvolveu métodos construtivos que garantiram grande flexibilidade e economia nas modificações, por vezes radicais, nos ambientes hospitalares. Com o uso de ventilação e iluminação natural e a paisagem que parece penetrar no interior dos hospitais da Rede, para se reunir aos jardins internos, Lelé nos deu uma pista de como deveriam ser os hospitais do futuro” (Toledo, 2020).

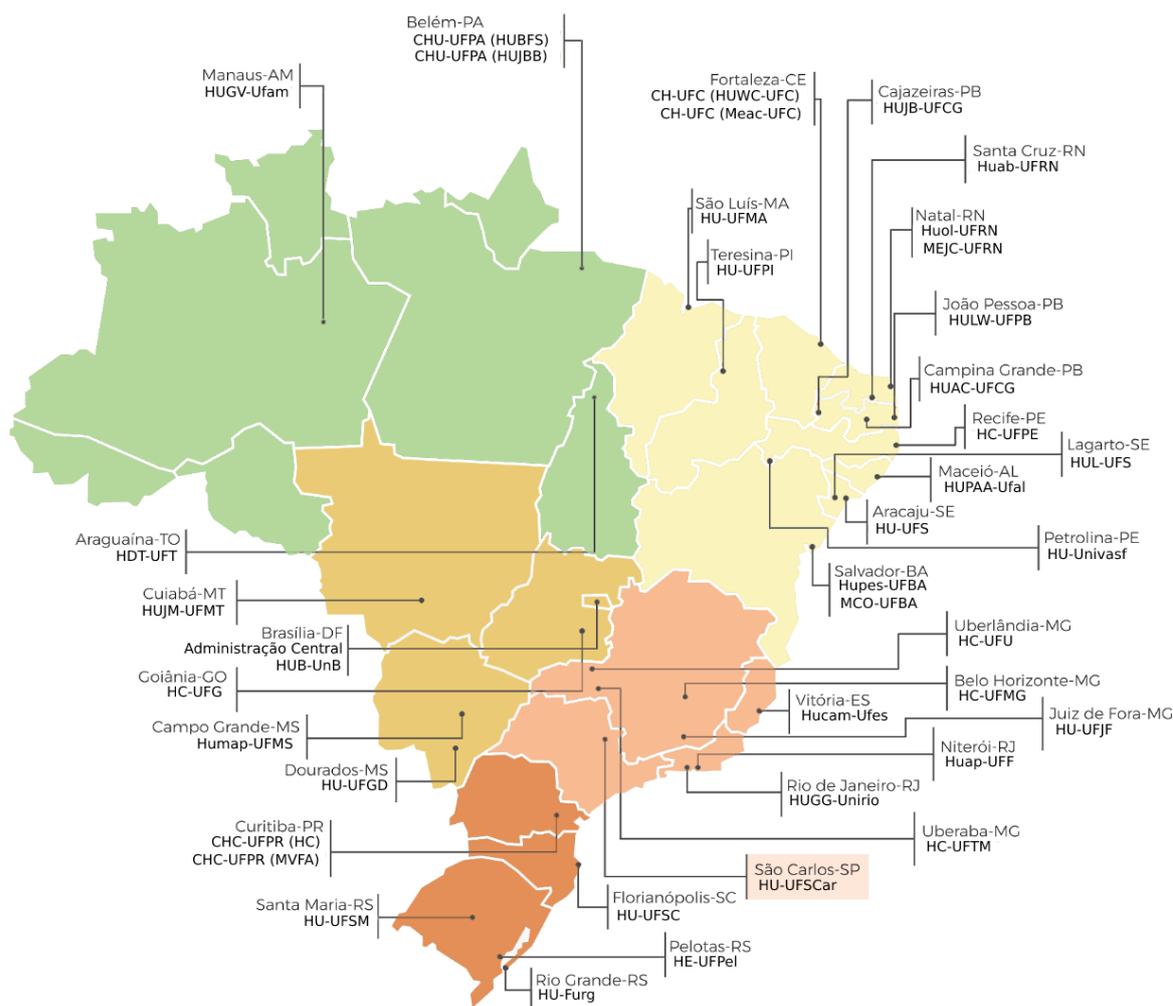
### **2.3.2. Hospitais Universitários Federais**

Os Hospitais Universitários Federais são centros de formação de recursos na área da saúde e prestam apoio ao ensino, à pesquisa e à extensão das instituições federais de ensino superior às quais estão vinculados. A responsável pela gestão desses hospitais é a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), amparada pela Lei Federal nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011, como uma empresa pública vinculada ao Ministério da Educação (BRASIL, 2020).

Sua finalidade consiste em: “prestar serviços gratuitos de assistência médico-hospitalar, ambulatorial e de apoio diagnóstico e terapêutico à comunidade, assim como prestar às instituições públicas federais de ensino ou instituições congêneres serviços de apoio ao ensino, à pesquisa e à extensão, ao ensino-aprendizagem e à formação de pessoas no campo da saúde pública” (BRASIL, 2020).

Atualmente, a rede de hospitais federais é formada por 50 hospitais vinculados a 35 Universidades Federais (HUFs), conforme mostra a Figura 8. Essa é a maior rede de hospitais públicos do Brasil, no qual une educação e saúde, cumprindo o seu dever de prestar serviços de assistência à saúde de forma integral e exclusivamente inseridos no âmbito do SUS, observando a autonomia universitária (BRASIL, 2020).

**Figura 8:** Mapa da Rede EBSERH 2020



**Fonte:** Adaptado de EBSERH (2020).

### **2.3.3. Hospital Universitário da UFSCar/SP**

As informações a seguir foram todas extraídas do Plano Diretor Estratégico do HU-UFSCar 2017-2018 (BRASIL, 2016), apresentado ao Instituto Sírio-Libanês de Ensino e Pesquisa, para certificação como especialista em Gestão de Hospitais Universitário no SUS, que descreve toda a trajetória do hospital desde sua concepção até sua inclusão na rede de Hospitais Universitários Federais (HUFs).

No início de 2000, a Universidade Federal de São Carlos – UFSCar possuía quatro cursos na área da saúde (Enfermagem, Fisioterapia, Terapia Ocupacional e Educação Física) e tinha o anseio de criar novos cursos, entretanto, com o obstáculo da falta de equipamentos de saúde próprios, enfrentando dificuldades para obter o cenário adequado para a formação dos alunos.

Esse objetivo começou a ser visto como possibilidade a partir do alinhamento político entre os governos Federal, Municipal e a própria Universidade, que tinham como propósito a expansão da área da saúde, com a abertura do curso de Medicina e a construção de um novo hospital municipal, acreditando-se que o hospital além de resolver problemas estruturais da rede regional de atenção à saúde, viesse oferecer à universidade melhoras para o ensino dos cursos da saúde.

Foi então em 2004 que este anseio começou a se concretizar, graças aos recursos disponibilizados pelo Ministério da Saúde, da ordem de quarenta milhões de reais e a doação do projeto arquitetônico pelo renomado arquiteto João da Gama Figueiras Lima (Lelé), dando origem ao Hospital Escola Municipal “Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci”, que previa 250 leitos de média e alta complexidade com 22 mil metros quadrados de área construída, dividida em quatro blocos.

Visto isso, o hospital deu início as atividades no dia 03 de novembro de 2007, com a inauguração do bloco B. Todavia, com o passar dos anos, várias complicações de diferentes naturezas ocorreram, inviabilizando a conclusão do

hospital e conseqüente expansão das atividades. A seguir, em ordem cronológica, serão apontadas algumas dessas complicações:

A primeira delas se deu com a falência da empreiteira contratada para realizar a obra. Desta forma foi chamada a segunda empresa classificada na licitação, mas ao verificar problemas na construção, não aceitou dar continuidade, levando a um processo de judicialização e embargo da obra.

Haviam também as dificuldades no custeio, tanto para com as atividades do hospital, como para a ampliação dos serviços. E nesse cenário, em virtude de pressões políticas para abrir a porta, o hospital se viu obrigado a mudar o fluxo de atendimento e desviar-se da missão originalmente concebida, passando a operar, na prática, como uma Unidade de Pronto Atendimento – UPA.

Outro ponto foi a tensão entre a equipe gestora e os docentes da UFSCar, principalmente decorrente da falta de compreensão da gestão municipal em relação às necessidades acadêmicas, que resultou em uma instabilidade no cenário de ensino do hospital. Contribuiu ainda nesse cenário a instabilidade política no governo municipal, que teve uma grande rotatividade de Secretários de Saúde, com diferentes ideias em relação ao papel do hospital.

Tanto que diferentes e variados projetos chegaram a ser vislumbrados, por exemplo: transformá-lo num Ambulatório Médico de Especialidades – AME; criar um grande Centro de Terapia Intensiva, com 100 leitos; criar uma grande Unidade Coronariana, dentre outros.

Em meio a todos esses problemas, em 2010, a equipe médica da Santa Casa da Misericórdia de São Carlos se recusou a acolher os alunos da primeira turma de Medicina que chegaram à fase no internato. Nesse contexto, a UFSCar começou a repensar a proposta inicial que incluía o Hospital Escola.

Essa intenção teve a possibilidade de vislumbre com a criação, em 2011, da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares – EBSEH, pelo Ministério da Educação, que seria uma alternativa para o funcionamento do Hospital Escola por meio da sua federalização. Tendo como perspectiva a obtenção de custeio e investimento por meio do Programa Nacional de Reestruturação dos Hospitais

Universitários Federais – REHUF, e sobretudo a contratação de funcionários realizada diretamente pela empresa.

Mas essa federalização não caminhou com facilidade, tendo ao longo de dois anos a Prefeitura Municipal de São Carlos buscando outras alternativas, tais como estadualização e a criação de convênios intermunicipais, sem sucesso. Foi só em 2013 que o Conselho Universitário da UFSCar autorizou a administração superior da Universidade a iniciar as negociações, para a transformação do Hospital Escola em um Hospital Universitário.

Vale ressaltar que a Câmara Municipal de São Carlos promoveu sucessivos debates, constatando a falta de recursos municipais, que inviabilizava a operação do hospital, aliada à forte pressão social decorrente desses debates acabaram levando à aprovação em 01 de abril de 2014, com votação unânime, da doação do Hospital Escola para a UFSCar.

Atualmente, o Hospital Universitário Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci da Universidade Federal de São Carlos (HU-UFSCar), caracterizado como hospital de pequeno porte, é um dos mais jovens componentes da rede de Hospitais Universitários Federais (HUFs).

A instituição oferece serviços de: Pediatria; Laboratório; Emergência; Clínica Médica (Internação de adultos); Psiquiatria; Exames (Radiografia, Ultrassonografia, Tomografia, Encefalograma, Eletrocardiograma, Mamografia, Endoscopia Digestiva); e Ambulatório de Especialidades (Cardiologia, Cirurgia Geral, Cirurgia Vascular, Endocrinologia, Fonoaudiologia, Gastroenterologia, Hematologia, Hepatologia, Multidisciplinar de diabetes, Nefrologia, Neurologia e Pneumologia).

Contudo, conforme descrito no PDE 2017-2018, de acordo com o Protocolo de Urgência e Emergência de São Carlos, pacientes com demandas de emergência mais complexas são enviados para a Irmandade Santa Casa de Misericórdia de São Carlos e não para o HU-UFSCar.

Como já mencionado, este é um hospital projetado pelo arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé), o que lhe confere características arquitetônicas muito

semelhantes aos Hospitais da Rede Sarah, embora apresente um programa distinto.

A intenção do arquiteto era que o hospital fosse executado pelo Centro de Tecnologia da Rede Sarah, todavia, este foi impossibilitado de participar, em consequência de uma decisão do Tribunal de Contas da União, de que o Centro não poderia mais dirigir sua produção para fora da Rede Sarah (LIMA, 2007).

Desse modo, a Prefeitura Municipal de São Carlos licitou a construção do hospital e projeto do mesmo foi adaptado, tendo a participação do escritório Brasil Arquitetura e do escritório Apiácas Arquitetos, ambos com aprovações de João Filgueiras Lima, no intuito de assegurar que o projeto não sofresse alterações substanciais.<sup>1</sup>

Ciaco (2010) apresentou em sua dissertação o orçamento da obra em torno de 49 milhões de reais, montante que possa parecer alto, mas que com uma análise mais cuidadosa apresenta o valor de 1.620 reais por metro quadrado, o que comparado com outros hospitais convencionais não dotados da quantidade de tecnologia que os hospitais projetados por Lelé apresentam, não seria um valor tão alto.

Atualmente, o bloco 1 (A), destinado à área administrativa, está em etapa de conclusão de projeto executivo com previsão de início de obras neste ano; O bloco 2 (B), destinado ao centro cirúrgico, serviços técnicos e urgência e emergência, está com cerca de 80% concluído e em operação; O bloco 3 (C), destinado à internação, está 25% concluído e com 25% em obras no momento; E por fim, o bloco 4 (D), destinado à serviços gerais, está com obras em execução com previsão de conclusão neste ano.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Entrevista realizada pela autora com os arquitetos, co-fundadores dos escritórios Apiácas Arquitetos e Brasil Arquitetura, no dia 13 de agosto de 2020, remotamente.

<sup>2</sup> Entrevista realizada pela autora com o engenheiro Fábio Lucenti, no dia 09 de abril de 2021, São Carlos – SP.

## 2.4. O ESTADO DA ARTE SOBRE O CONFORTO TÉRMICO EM HOSPITAIS NATURALMENTE VENTILADOS

Esta seção trata-se de um estado da arte, que buscou contemplar: seleção de portfólio bibliográfico, a fim de reunir os artigos relacionados com o tema da pesquisa; análise bibliométrica, a fim de investigar estatisticamente o panorama do estado da arte do campo de pesquisa, a evolução do tema e a interconexão de suas subáreas; e análise sistemática, a fim de abordar e discutir os estudos anteriores, nos últimos 5 anos (2018-2022).

Foram realizadas várias buscas na base de dados *Scopus*, por meio das palavras chaves “thermal comfort”, (“hospital\*” OR “healthcare facilit\*” OR “healthcare center\*”) e “natural ventilation”, referente à opção “todos os anos (1960-2022)”. Além disso, à nível de comparação, a palavra “natural ventilation” foi substituída por (“air conditioning” OR “air conditioner”), revelando uma maior quantidade de pesquisas na temática referente à ar-condicionado do que à ventilação natural. Essa relação é apresentada no Quadro 5.

**Quadro 5:** Combinações de palavras-chave

Data	Busca	Filtros	Quantidade
26/01/22	“thermal comfort”	-	22.740
26/01/22	“thermal comfort”	“natural ventilation”	1.368
26/01/22	“thermal comfort”	(“hospital*” OR “healthcare facilit*” OR “healthcare center*”)	279
26/01/22	“natural ventilation”	(“hospital*” OR “healthcare facilit*” OR “healthcare center*”)	127
26/01/22	“thermal comfort”	(“hospital*” OR “healthcare facilit*” OR “healthcare center*”) AND “natural ventilation”	15
26/01/22	“thermal comfort”	(“air conditioning” OR “air conditioner”)	4.881
26/01/22	(“air conditioning” OR “air conditioner”)	(“hospital*” OR “healthcare facilit*” OR “healthcare center*”)	3.035
26/01/22	“thermal comfort”	(“hospital*” OR “healthcare facilit*” OR “healthcare center*”) AND (“air conditioning” OR “air conditioner”)	76

**Fonte:** Autora (2022).

Desta forma, para a seleção do portfólio bibliográfico, optou-se pela combinação das palavras-chave “thermal comfort” AND (“hospital\*” OR “healthcare facilit\*” OR “healthcare center\*”) AND “natural ventilation”, com intenção de delimitar a busca e investigar o campo do tema abordado na pesquisa. A última atualização da pesquisa foi realizada no dia 15/08/2022, sendo encontradas 15 publicações referentes ao tema, conforme apresenta o

Quadro 6, ordenado segundo a representatividade dos artigos, definida pelo número de citações de cada título.

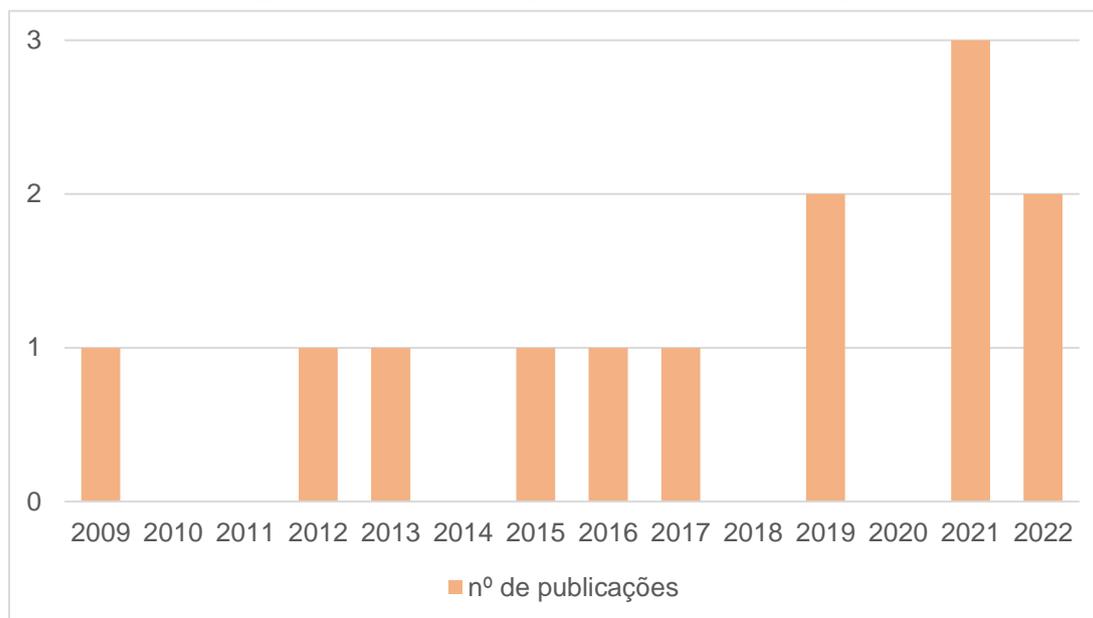
**Quadro 6:** Portfólio Bibliográfico ordenado por representatividade de citações

Título	Autores	Ano	Citações
Resilience of naturally ventilated buildings to climate change: Advanced natural ventilation and hospital wards	Lomas, K.J., Ji, Y.C.	2009	76
Impact of climate change on demands for heating and cooling energy in hospitals: An in-depth case study of six islands located in the Indian Ocean region	Nematchoua, M.K., Yvon, A., Kalameu, O., Asadi, S., Choudhary, R., Reiter, S.	2019	46
Indoor environmental control of tuberculosis and other airborne infections	Nardell, E.A.	2016	37
Thermal comfort and comparison of some parameters coming from hospitals and shopping centers under natural ventilation: The case of Madagascar Island	Nematchoua, M.K., Ricciardi, P., Reiter, S., Asadi, S.	2017	32
Performance evaluation of natural ventilation strategies for hospital wards - A case study of Great Ormond Street Hospital	Adamu, Z.A., Price, A.D.F., Cook, M.J.	2012	23
Performance of hospital spaces in summer: A case study of a 'Nucleus'-type hospital in the UK Midlands	Giridharan, R., Lomas, K.J., Short, C.A., Fair, A.J.	2013	22
Thermal comfort improvement of naturally ventilated patient wards in Singapore	Lan, L., Tushar, W., Otto, K., Yuen, C., Wood, K.L.	2017	14
A Literature Review of Naturally Ventilated Public Hospital Wards in Tropical Climate Countries for Thermal Comfort and Energy Saving Improvements	Rahman, N.M.A., Haw, L.C., Fazlizan, A.	2021	8
Field-Measurement of CO2 Level in General Hospital Wards in Nanjing	Zhou, Q., Lyu, Z.F., Qian, H., Song, J.W., Mobs, V.C.	2015	6
The design and simulation of natural personalized ventilation (NPV) system for multi-bed hospital wards	Adamu, Z.A., Price, A.	2015	6
Engineering Solutions for Preventing Airborne Transmission in Hospitals with Resource Limitation and Demand Surge	Zia, H., Singh, R., Seth, M., Ahmed, A., Azim, A.	2021	4
Field study on adaptative thermal comfort models for nursing homes in the Mediterranean climate	Forcada, N., Gangolells, M., Casals, M., Macarulla, M., Gaspar, K.	2021	3
Thermal comfort assessment of naturally ventilated public hospital wards in the tropics	Rahman, N.M.A., Haw, L.C., Fazlizan, A., Hussin, A., Imran, M.S.	2022	2
Strategies of natural ventilation for hospitals: A comparative study between hospitals in the city of Rio de Janeiro and the Brazilian <i>standard</i> of thermal performance	Fugazza, K.S., Gobbi, M.E., Santos, M.	2019	0
Evaluation of Architectural Design Features in Achieving Sustainability in Hospital Projects	Julfikar, Boity, A.K., Chauhan, H.K., Arora, K.	2022	0

Fonte: Autora (2022).

No corpus estudado, as publicações se iniciaram a a partir de 2009, com a pesquisa de Lomas, K.J., Ji, Y.C., e vem crescendo no decorrer dos anos, sendo o ano de 2021 o de maior número de publicações (Figura 9). Além disso, os anos de 2010, 2011, 2014, 2018 e 2020 não tiveram publicações.

**Figura 9:** Gráfico da relação do número de publicações por ano



**Fonte:** Autora (2022).

Dos 52 autores, destacam-se com duas publicações os autores Adamu, Z.A., Asadi, S., Fazlizan, A., Rahman, N.M.A. Haw, L.C., Price, A.D.F., Lomas, K.J. e Reiter, S. Das 15 publicações, 4 estão vinculadas Loughborough University, destacando-se também a Université de Liège, Universiti Kebangsaan Malaysia, University of Pennsylvania, Kementerian Kesihatan Malaysia e University of Cambridge, com 2 publicações cada.

No quesito país de origem dos autores, destacaram-se o Reino Unido, com 5 publicações, Estados Unidos, com 3 publicações e Bélgica, Itália e Malaysia, com 2 publicações. Quanto aos periódicos, o que contempla maior número de publicações é o *Energy and Buildings*, seguido do *Building and Environment*.

Seguindo uma ordem cronológica, no recorte de 5 anos, Nematchoua *et al.* (2019) avaliaram o impacto que as mudanças climáticas têm nas demandas de energia de aquecimento e resfriamento em hospitais de seis cidades localizadas em seis ilhas na região do Oceano Índico, por meio da simulação

computacional. Os resultados mostraram que a utilização de uma envoltória de isolamento térmico em hospitais foi uma das soluções que permitiu a redução do consumo de energia para resfriamento e aquecimento, ao mesmo tempo que aumentava o conforto térmico no hospital.

Nos casos das seis ilhas do Oceano Índico, a demanda anual de energia para resfriamento aumentará entre 17,1 e 25,4% até 2030; 34,6 e 50,2% até 2060; e 60,8 e 95,1% até 2090. Com o uso do design passivo como estratégia, prevê-se que o desempenho térmico médio anual dos hospitais aumente para 184% até 2060, enquanto 40% do custo de energia de refrigeração será economizado.

No mesmo ano, Fugazza *et al.* (2019) analisaram as estratégias de ventilação natural e desenvolvimento térmico em duas enfermarias localizadas em dois hospitais do Rio de Janeiro, Brasil, também por meio de simulação computacional. Foram levantadas as seguintes questões: 1. As janelas das enfermarias de ambos os hospitais atendem os requisitos de conforto ambiental?; 2. Se sim, por quais meses? Ambos edifícios oferecem ventilação cruzada e apontam para um conforto térmico desejado ao longo dos meses de abril a dezembro de acordo com as temperaturas operativas aceitáveis em edifícios naturalmente ventilados, definidos pela ASHRAE 55. Para os meses mais quentes, quando a ventilação natural for insuficiente, os autores aconselham a utilização de uma ventilação mista.

Dois anos depois, Forcada *et al.* (2021) desenvolveram um modelo adaptativo de conforto térmico para ocupantes em lares de idosos no clima mediterrâneo e verificaram a aplicabilidade um padrão para ocupantes de lares de idosos em ambientes naturalmente ventilados e climatizados. A pesquisa incluiu medições das variáveis ambientais em cem áreas comuns de cinco casas de repouso, simultaneamente à aplicação de questionários, incluindo o voto de sensação térmica (TSV), preferência (P) e aceitabilidade (A). Como resultados, os autores relataram que os moradores possuíam uma menor sensibilidade do que os não residentes, indicando que os idosos preferem temperaturas internas mais altas e que os idosos se adaptaram melhor às temperaturas internas em

salas naturalmente ventiladas, do que em quartos com ar condicionado. Além disso, os residentes foram mais adaptáveis do que as normas propõem.

Impulsionados com a atual pandemia de coronavírus-2019, Zia *et al.* (2021) buscaram soluções de engenharia para prevenir a transmissão aérea em hospitais com limitação de recursos e aumento de demanda. Os autores descreveram as estratégias de ventilação predial (ventilação natural e ventilação híbrida) para hospitais, onde os sistemas de climatização não atendem aos padrões recomendados, além de apontarem outras medidas, como o uso de tecnologias portáteis de limpeza de ar e salas temporárias de pressão negativa, como estratégias complementares em situações de aumento de demanda.

Desta forma, concluiu-se que o conforto térmico é comprometido em edifícios que não são equipados mecanicamente com sistemas de climatização, portanto, as estratégias de ventilação do edifício são mais úteis quando as condições climáticas são moderadas e outras medidas são combinadas para manter o conforto térmico.

Ainda no mesmo ano, Rahman *et al.* (2021) realizaram uma revisão da literatura em países de clima tropical. Nesse sentido, os autores propuseram a aplicação de sistemas solares fotovoltaicos e bombas de calor. Esse sistema híbrido reutiliza a energia térmica (cogeração) gerada a partir de painéis solares fotovoltaicos para ser arrefecida por bombas de calor e depois bombeada para a enfermaria para fins de arrefecimento.

Alinhado à revisão anterior, Rahman *et al.* (2022) avaliaram as condições térmicas de uma enfermaria naturalmente ventilada do hospital público Kepala Batas, ao norte da Malásia, por dois meses em 2020, por meio de simulação, medição *in loco* e questionário. Segundo os autores, até o momento da pesquisa eram inexistentes os estudos de conforto térmico em enfermarias naturalmente ventiladas em climas tropicais. Os resultados da simulação mostraram que mais da metade estava em desconforto, com PMV entre 1,0 e 1,6 e PPD entre 40 e 56%. As medições registraram a mesma leitura, indicando um desconforto para levemente quente (+1) e quente (+2), com base na avaliação ASHRAE 55. No entanto, os questionários mostraram uma percepção diferente, com 82% dos

entrevistados votando na faixa quente (+2) e muito quente (+3). Os autores concluíram que as condições térmicas foram desconfortáveis e exigem melhorias adicionais.

No último artigo publicado, de Julfikar *et al.* (2022), foi avaliado o desempenho no contexto de sustentabilidade por meio da comparação do nível de conforto térmico dos usuários e as condições ambientais no ambiente Hospitalar de alto e baixo nível. Os dados desse estudo foram extraídos por medições, simulações e entrevistas e obteve como hipótese que as disposições sofisticadas de projeto de ventilação sustentável fornecem bem-estar e ajudam a diminuir o índice de calor nas enfermarias com recursos de ventilação natural.

Além das pesquisas mencionadas, cabe mencionar as duas publicações do Brasil de maior relevância em relação ao tema, de acordo com a busca de dados nos Periódicos da CAPES, das autoras Lukiantchuki e Caram (2014) e Quadros e Mizgier (2020).

Lukiantchuki e Caram (2014) avaliaram o conforto térmico dos hospitais da Rede Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro, através das medições *in loco* da temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar, utilizando como parâmetro de análise a ASHRAE 55 e informações disponíveis na literatura especializada. As autoras concluíram que houve uma evolução da cobertura do Sarah Salvador para o Sarah Rio, que refletiu em um melhor desempenho térmico do edifício, em vista de que a maioria dos ambientes no Sarah Salvador permaneceram fora da zona de conforto, enquanto todos os ambientes do Sarah Rio de Janeiro permaneceram na zona de conforto proposta pela ASHRAE 55.

Quadros e Mizgier (2020) avaliaram o conforto térmico em quartos de internação hospitalar com distintas formas de ventilação natural, por meio de simulações computacionais em dinâmica de fluidos (CFD) para três tipologias de quartos: com ventilação unilateral simples, com ventilação unilateral dupla e com ventilação cruzada. Os pesquisadores analisaram o desempenho de ventilação em um dia típico de verão e primavera de Florianópolis, com ventos norte e nordeste de 1,0 m/s, 3,0 m/s e 6,0 m/s. Como resultado, verificou-se que a ventilação cruzada possui o melhor desempenho, em seguida a ventilação

unilateral dupla e por último a ventilação unilateral simples, que é com frequência utilizada em quartos de internação. Nesse sentido, tendo em vista a tendência de hospitais verticalizados e densos e conseqüentemente a dificuldade na adoção da ventilação cruzada, concluiu-se que a ventilação unilateral dupla é a alternativa mais indicada.

Com base no panorama do tema desta pesquisa e nas pesquisas recentes abordadas, nota-se que este é um campo pouco explorado e recente, sendo as enfermarias os ambientes mais estudados. Além disso, a busca do tema no banco de dados da *Scopus* indicou a preferência do condicionamento térmico artificial, em comparação com o condicionamento térmico passivo. Contudo, é percebido um crescimento na produção de publicações nesse sentido, podendo ter relação com as mudanças climáticas, economia de energia e valorização da ventilação natural em frente a pandemia do coronavírus.

As pesquisas recentes revelam a importância de se apropriar da ventilação natural adequadamente, para que esta forneça o melhor desempenho térmico para aquela realidade. Dentre os estudos citados, a ventilação cruzada é a que apresenta melhores resultados, seguida da ventilação unilateral dupla. Além disso, outras alternativas combinadas com a ventilação natural são benéficas, como a própria ventilação híbrida, que ainda assim assegurará a economia de energia.



# PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS



### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

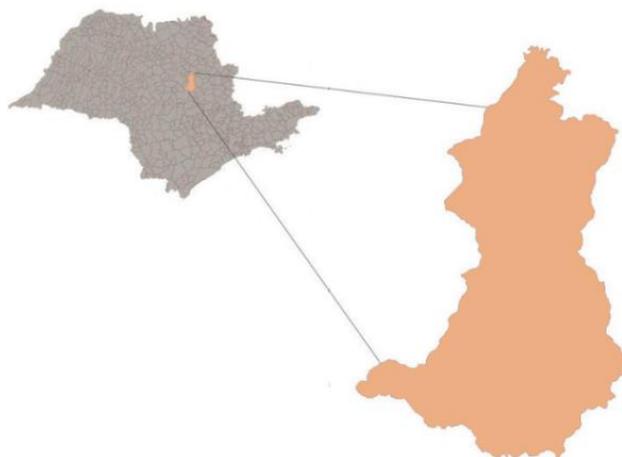
A pesquisa desenvolvida, compreende-se por um estudo de caso, que teve como objeto de análise o Hospital Universitário da UFSCar, em São Carlos. Após o auxílio da revisão bibliográfica para fundamentação da metodologia, sua organização ficou dividida nas seguintes etapas:

- a) **Levantamento de dados:** Visitas *in loco*, levantamento fotográfico e entrevista.
- b) **Análise projetual:** Identificação e caracterização do objeto de estudo.
- c) **Análise de conforto térmico:** Questionários (qualitativo), medições *in loco* e avaliação pelo modelo adaptativo (quantitativo).

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE SÃO CARLOS

São Carlos é uma cidade de médio porte, localizada no centro geográfico do Estado de São Paulo (Figura 10), entre as coordenadas 21°35'45" e 22°09'30" de latitude Sul e 47°43'04" e 48°05'26" de longitude Oeste e altitude de 856 metros (BARBOSA, 2009).

**Figura 10:** Mapa de localização de São Carlos



**Fonte:** Rampazzo (2019), adaptado pela autora (2020).

Em seus estudos, Tolentino (2007) classificou o clima da região entre Aw e Cwa, utilizando o sistema de Köppen, onde Aw seria compreendido por um clima tropical com verão úmido e inverno seco, enquanto Cwa, seria um clima subtropical úmido de inverno seco. Além disso, Vecchia (1997) também pontua a predominância de amplitudes térmicas acentuadas durante todo o ano.

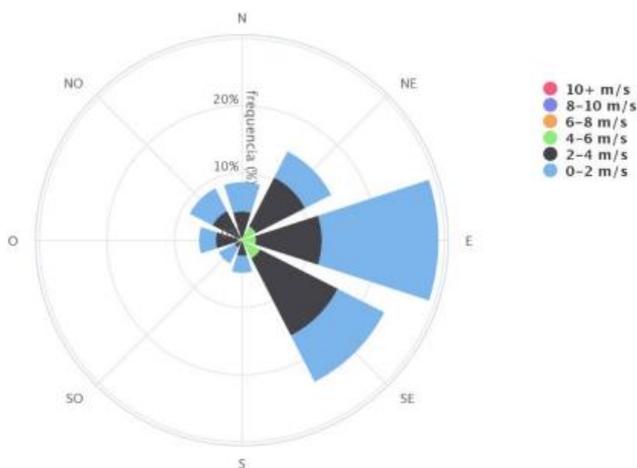
**Tabela 6:** Normais Climatológicas de São Carlos-SP (1981-2010)

Meses	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura média – bulbo seco (°C)	Umidade relativa (%)	Insolação (horas)	Nebulosidade (décimos)	Precipitação Acumulada (mm)
Janeiro	28,00	19,00	22,70	80,2	149,9	0,8	303,8
Fevereiro	28,50	18,90	22,90	78,5	168,3	0,7	221,1
Março	28,20	18,30	22,50	78,0	195,5	0,7	186,7
Abril	27,20	16,70	21,10	75,9	210,8	0,5	85,4
Maio	24,50	13,90	18,20	76,9	202,0	0,5	66,8
Junho	24,00	12,50	17,10	73,7	200,8	0,5	32,1
Julho	24,40	12,30	17,20	68,6	217,2	0,4	30,6
Agosto	26,30	13,40	18,80	62,3	229,6	0,4	34,3
Setembro	27,20	15,10	20,20	64,9	188,3	0,5	67,1
Outubro	28,10	16,70	21,80	68,3	192,7	0,7	120,6
Novembro	28,30	17,50	22,20	71,8	183,1	0,7	155,1
Dezembro	27,90	18,40	22,40	78,2	157,7	0,8	254,6
Anual	26,90	16,10	20,60	73,1	2295,9	0,6	1558,3

Fonte: Adaptado de INMET (2010).

De acordo com os dados climatológicos de São Carlos, obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2010), as temperaturas máximas da cidade estão entre 24°C a 28,5°C, e as mínimas estão entre 12,3°C e 19°C, com uma temperatura média anual de 20,6°C e umidade relativa entre 62,3% e 80,2%, conforme é apresentado na Tabela 6. Além disso, os ventos dominantes da cidade incidem com predominância do nordeste, leste e sudeste.

**Figura 11:** Rosa dos ventos para São Carlos



Fonte: Projeteee (2021).

Quanto ao regime de chuvas, este é caracterizado pela existência de uma estação seca e outra chuvosa. Em média, os meses mais secos vão de abril a setembro, representando apenas 20,10% do total anual, enquanto janeiro,

dezembro e fevereiro correspondem a 50% das chuvas do ano. A nebulosidade, também indicada na Tabela 6, por ter efeito em atenuar a insolação, se mostra com maior índice em janeiro e dezembro, e com menor índice em julho e agosto.

### 3.1.1. Estratégias bioclimáticas indicadas

Na parte 3 da NBR 15220 (2005), é apresentando o Zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Como já pontuado, essa não é uma norma específica para hospitais e o zoneamento possui inúmeras críticas, em sua maioria referente à imprecisão na caracterização climática das cidades brasileiras (RORIZ, 2012). Contudo, é a única norma brasileira que estabelece a divisão do território nacional em zonas, fornecendo diretrizes técnico-construtivas para condicionamento térmico passivo para cada zona.

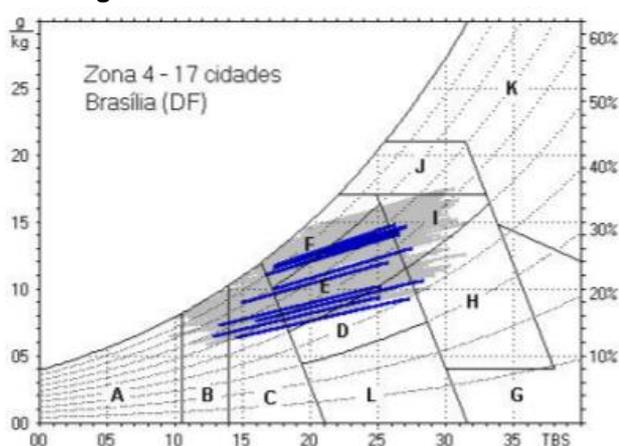
São Carlos pertence à ZB4 (Figura 12) e as recomendações, conforme a Carta Bioclimática (Figura 13) para o verão são: refrigeração evaporativa, inércia térmica para resfriamento e ventilação seletiva; e para o inverno: aquecimento solar da edificação e paredes internas pesadas. Essa zona é caracterizada por climas onde a amplitude térmica varia mais durante o dia do que durante o ano.

**Figura 12:** Zona Bioclimática 4



Fonte: ABNT (2005).

**Figura 13:** Carta Bioclimática da Zona 4



Fonte: ABNT (2005).

Nesse sentido, cabe pontuar a necessidade em ponderar o uso dessas estratégias para alcançar um equilíbrio ao longo do ano, com as diferentes estações e particularidades da cidade. Pode ocorrer que de uma estratégia benéfica para uma determinada estação do ano prejudique o desempenho térmico da edificação em outra. Aspectos como orientação da fachada, entorno,

limitações orçamentárias, realidade cultural e outros também devem ser analisados.

### 3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS

#### 3.2.1. *Visitas in loco e levantamento fotográfico*

Buscando um maior entendimento sobre os aspectos projetuais, construtivos e climáticos do edifício em estudo, foram realizadas visitas *in loco*, acompanhadas de levantamento fotográfico e supervisionadas pelos profissionais da área da construção do hospital (arquiteta e engenheiros), conforme detalha o Quadro 7.

**Quadro 7:** Descrição do levantamento de dados

Função	Objetivo	Dia	Hora	Duração
Arquiteta	Conhecer o hospital e suas estratégias de conforto; Buscar orientação para autorização da pesquisa	09/10/2019	14h30min	1h30min
Engenheiro Civil	Observar e analisar o fluxo do hospital, clima externo x interno, paisagismo, implantação; Buscar informação especializada sobre as questões projetuais e construtivas; Investigar modificações e motivações; Registro fotográfico	09/04/2021	14h	2h
Engenheiro Mecânico	Selecionar os ambientes para análise; Sanar dúvidas existentes; Registro fotográfico	23/07/2021	09h30min	2h30min
		15-22/10/2021	07h/14h/19h	-

**Fonte:** Autora (2021).

Na primeira visita ao hospital, foram apresentados os objetivos e metodologia do estudo à arquiteta Anali Locilento, que concedeu orientações para autorização legal do início da pesquisa, junto a Gerência de Ensino e Pesquisa do HU-UFSCar. Ainda nessa visita, a arquiteta apresentou o hospital de forma geral, evidenciando as estratégias de conforto térmico.

Após o envio de toda a documentação necessária (projeto de pesquisa, “Termo de compromisso para o desenvolvimento de projetos de pesquisa no Hospital Universitário – UFSCar” e autorização do projeto pela Plataforma Brasil), foi ainda necessário aguardar a liberação do hospital para a retomada das pesquisas no hospital, sendo interrompidas no cenário da pandemia de COVID-19, devido ao risco e sobrecarga que os sistemas de saúde vivenciaram.

Após passar o período crítico, em vista das melhorias e diminuição dos casos, o Setor de Gestão de Pesquisa e Inovação Tecnológica (SGPIT) da Gerência de Ensino e Pesquisa (GEP) do HU-UFSCar desenvolveu um conjunto de critérios para reorientar o fluxo de pesquisas e solicitou que lhes fosse enviado um documento relatando a adequação do projeto aos critérios estabelecidos pelo plano de contingência do HU-UFSCar.

Sendo assim, foi realizada a segunda visita, supervisionada pelo engenheiro Fábio Lucenti e teve como objetivo a investigação dos ambientes naturalmente ventilados, os materiais e sistemas construtivos e as modificações que o hospital passou. Já na terceira visita, supervisionada pelo engenheiro Fernando Porto, foram selecionados os ambientes de análise e sanadas dúvidas provenientes de uma observação analítica.

A partir dessas três visitas, as idas seguintes ao hospital destinaram-se aos períodos de medição, onde a documentação fotográfica continuou acontecendo. Nesse período, o supervisor responsável foi o engenheiro Fernando Porto e o acompanhamento ao subsolo técnico se deu pelos funcionários da manutenção, que prestam apoio ao hospital 24h. Além das visitas mencionadas, é importante ressaltar que tais profissionais mencionados prestaram, sempre que solicitado, o suporte necessário.

### **3.2.2. Entrevistas**

Complementado a fase exploratória projetual, foi realizada uma entrevista com os arquitetos responsáveis pelos escritórios que estiveram à frente da construção do HU-UFSCar (Escritório Brasil Arquitetura e Apiacás Arquitetos), buscando informações sobre a concepção do projeto, alterações, dificuldades e aprendizados.

O escopo das entrevistas foi anexado ao projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa por meio da Plataforma Brasil, seguindo os devidos cuidados, como a elaboração do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a carta de autorização dos co-participantes.

Com a devida autorização, a entrevista com os escritórios aconteceu de forma remota, diante do cenário pandêmico, com a participação do arquiteto sócio-fundador da Apiácas Arquitetos e do arquiteto sócio-fundador da Brasil Arquitetura. No Quadro 8 é apresentada a descrição detalhada da entrevista, que tem seu escopo acessível no Apêndice A.

**Quadro 8:** Descrição da entrevista

Função	Interesse	Local	Dia	Hora	Duração
Arquiteto	Sócios-fundadores dos escritórios indicados por Lelé para a construção do HU-UFSCar (Apiácas Arquitetos e Brasil Arquitetura).	Google Meet (Plataforma remota)	13/08/2020	16h30min	1h14min
Arquiteto					

**Fonte:** Autora (2021).

### 3.3. ANÁLISE PROJETUAL

#### 3.3.1. Identificação e caracterização

A análise projetual foi baseada na leitura analítica do projeto, através dos material adquirido no levantamento de dados e o auxílio da literatura especializada. Inicialmente, foi realizado um levantamento das características climáticas da cidade de São Carlos e as recomendações para este clima. Após isso, realizou-se uma análise da localização e implantação do edifício, abordando considerações sobre o microclima da edificação.

Posteriormente, foram analisados os sistemas construtivos do hospital e os materiais utilizados, bem como a pintura que as fachadas e cobertura receberam. Essa análise teve a contribuição da NBR 15220 (ABNT, 2005), que apesar de ser específica para habitações, apresenta valores de propriedades térmicas que fornecem parâmetros que influenciam no desempenho dos elementos construtivos. Além da norma não ser específica para edifícios hospitalares, cabe destacar que os projetos do Lelé são bastante diferenciados do padrão, o que também dificulta sua análise por meio de um método prescritivo.

Em seguida, foram descritas e analisadas as estratégias de conforto térmico com base nos conceitos da literatura especializada. Foram observados fatores referentes à insolação dos edifícios, com o auxílio da carta solar

referentes à latitude do local e as máscaras de sombra. Por fim, foi abordado sobre a realidade atual das estratégias passivas de conforto térmico, bem como as necessárias modificações e motivações para tal.

### 3.4. ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO

Complementando a análise projetual, esta análise visa fornecer, através de parâmetros quantitativos, um maior entendimento da eficiência das estratégias passivas de conforto térmico do hospital, bem como o uso e aceitabilidade das estratégias por parte de seus ocupantes.

#### **3.4.1. Definição das áreas de análise**

Referente aos ambientes a serem analisados, como o foco da avaliação são as estratégias de condicionamento térmico passivo, decidiu-se coletar dados apenas nas áreas ventiladas naturalmente.

Atentando-se às exigências de aplicabilidade do modelo adaptativo de conforto térmico da ASHRAE 55 (2017) e o contexto de pandemia e restrição em que se encontram os hospitais, os ambientes que fizeram parte do experimento foram escolhidos de acordo com os seguintes critérios:

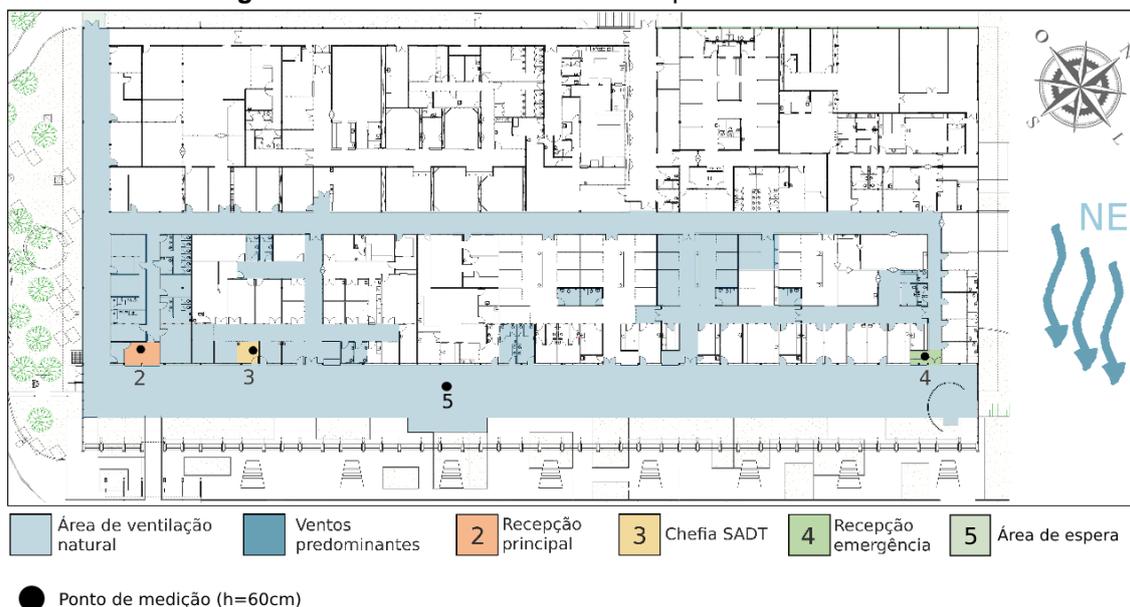
- a) Possuir aberturas operáveis e disponíveis aos usuários;
- b) Apresentar atividade e vestimenta compatível às exigências do modelo adaptativo;
- c) Não ter equipamento de condicionamento de ar em operação nos dias analisados;
- d) Disponibilidade dos ocupantes e responsáveis pelo espaço em contribuir com a pesquisa;
- e) Ambientes de permanência prolongada pelos funcionários;

Atualmente, muitas modificações projetuais foram realizadas e os ambientes naturalmente ventilados foram reduzidos. Sendo assim, de acordo com os critérios mencionados e a disponibilidade dos equipamentos de medição, foram selecionados 5 ambientes para análise climática.

Durante todo o período de monitoramento foi disposto um ponto medição no subsolo e três pontos de medição em ambientes internos, compreendendo a recepção principal; a sala da chefia do Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico; e a recepção de emergência. Além desses ambientes, foram realizadas medições pontuais na área de espera do hospital (Figura 14).

Para referência das condições ambientais externas foram utilizados os dados de medição da Estação Meteorológica da UFSCar, levando em consideração a proximidade com o hospital. O padrão das estações é o registro UTC, que convertido para o horário de Brasília equivale à três horas a menos.

**Figura 14:** Zonas térmicas escolhidas para análise climática



**Fonte:** Autora (2021).

Passando por cada um dos pontos analisados, a Figura 15 ilustra o ponto 1, representado pelo subsolo técnico, que foi posicionado próximo às aberturas que dão acesso aos espelhos d'água e em baixo de um dos dutos de ventilação que adentra as paredes internas. Além disso, atentou-se que esse ponto não estivesse próximo de fontes de calor.

**Figura 15:** Subsolo técnico (ambiente 1)



**Fonte:** Autora (2021).

Quanto aos ambientes internos analisados, estes estão todos localizados após a área de espera principal, no bloco B, que é o bloco mais ativo e concluído do hospital. Todos esses ambientes contam com a ausência de ar condicionado e a presença de forros basculantes, sendo as venezianas nas paredes existentes apenas nos ambientes do Serviço de Apoio Diagnóstico Terapêutico - SADT.

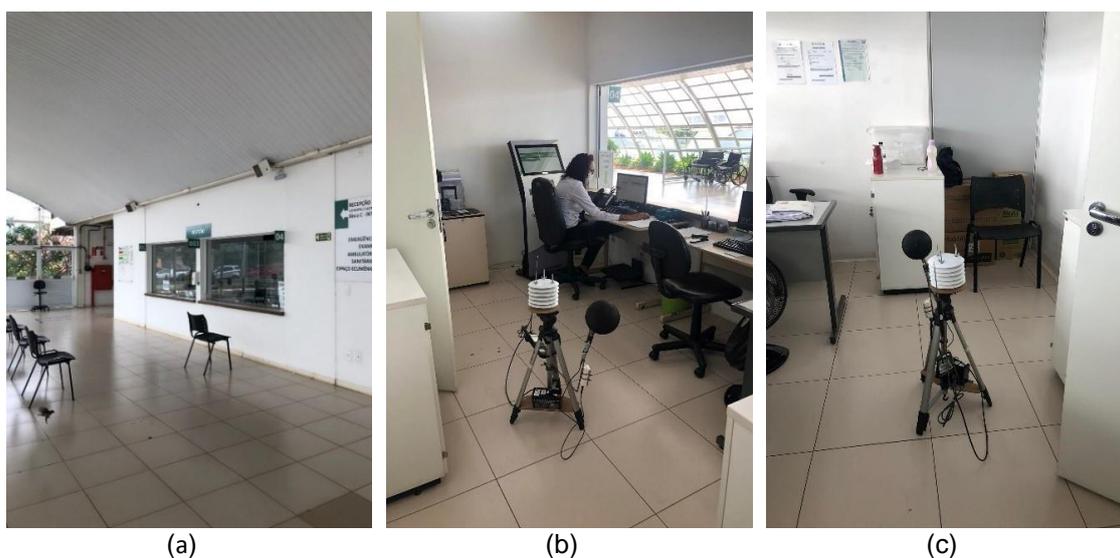
O ambiente 2 (Figuras 16 e 17) é compreendido pela recepção, localizado na extrema esquerda da face sudeste. Possui abertura com vidro fixo e pequenos recortes para comunicação, voltadas para área de espera, em frente a entrada principal. Esse ambiente possui uma área de 8,6m<sup>2</sup>, comporta de dois a três funcionários e funciona 24h. A carga horária desses funcionários é de 12h (07h-19h / 19h-07h) e existe um revezamento entre os dias de trabalho.

**Figura 16:** Ambiente 2



**Fonte:** Autora (2021).

**Figura 17:** Recepção Principal (ambiente 2)



**Fonte:** Autora (2021).

A sala da chefia do SADT (Figuras 18 e 19) foi escolhida como ambiente 3, estando localizada entre as demais salas da SADT. O ambiente está disposto em um corredor (Figura 19b), vedado por paredes de *dry wall* e com o

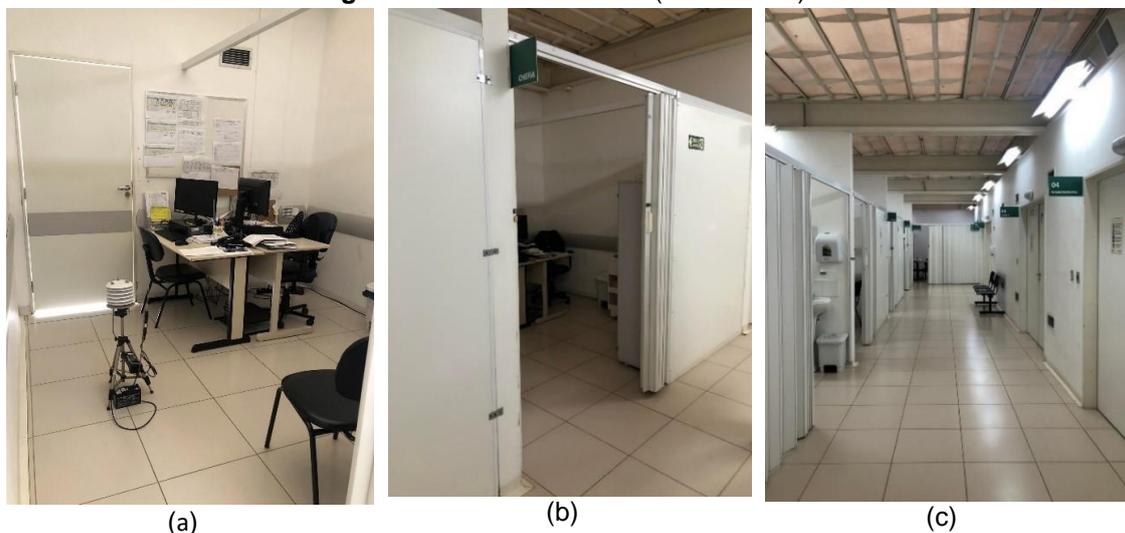
fechamento sanfonado para o corredor, que possuem abertura superior, não vedando por completo essas salas. Esse ambiente possui 8,6m<sup>2</sup>, comporta dois funcionários e funciona 12h.

**Figura 18:** Ambiente 3



**Fonte:** Autora (2021).

**Figura 19:** Chefia da SADT (Ambiente 3)

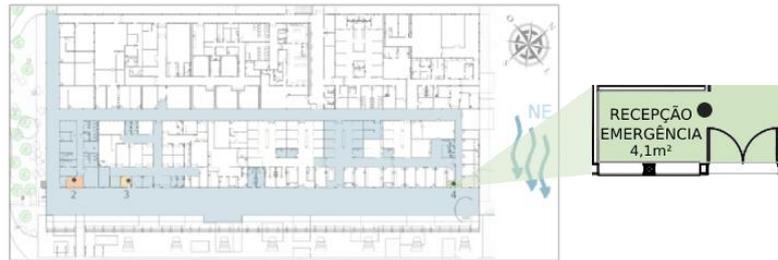


**Fonte:** Autora (2021).

A recepção de emergência (Figura 20 e 21) é tida como o ambiente 4, localizada na extremidade direita da fachada sudeste. Assim como o ambiente 2, possui aberturas voltadas para a área de espera com vidro fixo e pequenos recortes para comunicação. Esse ambiente possui 4,1m<sup>2</sup>, comporta um funcionário e não é totalmente fechado internamente, tendo acesso ao corredor. Assim como a recepção principal, funciona 24h, sendo a carga horária dos

funcionários de 12h (07h-19h / 19h-07h), com revezamento entre os dias de trabalho.

**Figura 20:** Ambiente 4



**Fonte:** Autora (2021).

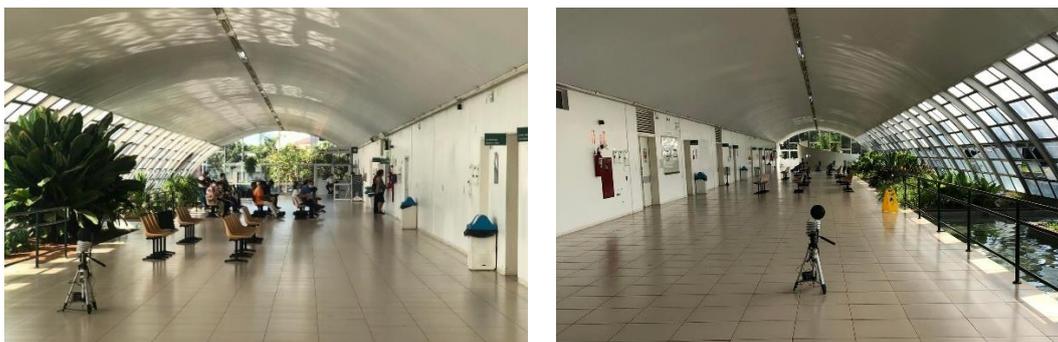
**Figura 21:** Recepção de Emergência (Ambiente 4)



**Fonte:** Autora (2021).

Por fim, o ambiente 5 é representado pela área de espera (figura 22), que antecede os demais ambientes internos. Este é o único ambiente que recebe insolação direta, com acesso à fachada sudeste do edifício, onde estão presentes os espelhos d'água, jardins e fachada envidraçada.

**Figura 22:** Área de espera (Ambiente 5)



**Fonte:** Autora (2021).

### 3.4.2. Medição das variáveis ambientais

Com o objetivo de analisar as características térmicas dos ambientes naturalmente ventilados do hospital, foram realizadas medições de quatro fatores ambientais que influenciam na sensação de conforto térmico, que incluem: temperatura do ar, temperatura de globo, velocidade e umidade do ar.

Para a medição da temperatura e da umidade do ar, foram utilizados como equipamentos cinco termo higrômetros digitais com *datalogger* (armazenamento de dados), modelo HOBO H08-003-2, da marca Onset (Quadro 9 e Figura 23).

**Quadro 9:** Especificações técnicas do equipamento termo higrômetro com *datalogger*

Equipamento	Marca/Modelo	Variável	Escala	Precisão	Resolução
Termo higrômetro com Datalogger	Onset/HOBO H08-003-2	Temperatura do ar e umidade relativa	-20 até 70°C 25 até 95%	±0,7°C ±5%	0,38°C 1%

Fonte: ONSET.

**Figura 23:** Equipamento termo higrômetro com *datalogger*



Fonte: Autora, (2020).

Para a medição da velocidade do ar foram utilizados quatro equipamentos multifuncionais com sonda de esfera quente, da marca Testo, modelo 445 (Quadro 10 e Figura 24), mediante ao que o laboratório tinha disponível. Nesse sentido, tais equipamentos foram alocados em todos ambientes analisados, com exceção da recepção de emergência.

**Quadro 10:** Especificações técnicas do equipamento multifuncional com sonda de esfera quente

Equipamento	Marca/Modelo	Variável	Escala	Precisão	Resolução
Equipamento multifuncional com sonda de esfera quente	TESTO/ Testo445 Sonda	Velocidade do ar	0 a +10 m/s	±(0,03 m/s + 5 % do vm)	0,1 m/s

Fonte: TESTO.

**Figura 24:** Equipamento multifuncional com sonda de esfera quente



Fonte: Autora, (2020).

Por fim, para a medição da temperatura de globo, foram utilizados dois equipamentos *dataloggers* de temperatura com sonda NTC, da marca Testo, modelo 175T2 (Quadro 11 e Figura 25), mediante ao que o laboratório tinha disponível, um deles alocado na recepção principal, para representar os ambientes internos, e o outro no subsolo técnico.

**Quadro 11:** Especificações técnicas do equipamento *datalogger* de temperatura com sonda NTC

Equipamento	Marca/Modelo	Variável	Escala	Precisão	Resolução
Datalogger de temperatura com sonda NTC	TESTO/175T2 com sonda de imersão NTC	Temperatura de globo	- 50 até 150°C	±0,5 % do vm (100 a +150 °C) ±0,2 °C (-25 a +74,9 °C) ±0,4 °C ( <i>remainig range</i> )	0,1°C

Fonte: TESTO.

**Figura 25:** Equipamento datalogger de temperatura com sonda NTC



Fonte: Autora, (2020).

Para a definição do período das medições delimitou-se como intenção principal o registro de um período que retratasse o verão, com altas temperaturas, sendo a condição de maior desconforto, conforme relatado pelos funcionários. Para isso, foram consultadas as normais climatológicas de São

Carlos, bem com estudos anteriores sobre o clima da cidade, alinhado à realidade e possibilidade diante da pandemia.

Em vista disso, o mês de Fevereiro foi escolhido para análise, indo de encontro com as normais climatológicas de São Carlos (INMET, 201), que registraram para esse mês as maiores médias e máximas temperaturas, e com a liberação pelo hospital para retomada das pesquisas.

As medições da temperatura e umidade relativa do ar foram realizadas de forma contínua, sendo os equipamentos programados para registro das variáveis com intervalo de tempo de 10 minutos em 24h no período de 03/02/2022 à 24/02/2022, sendo os equipamentos instalados no dia 02/02/2022 e retirados no dia 25/02/2022. Já para a velocidade do ar e temperatura de globo, as medições foram pontuais, compreendendo os dias 17,18, 23 e 24/02/2022. Excepcionalmente nesses dias foram também realizadas as medições de todas as variáveis mencionadas na área de espera do hospital, das 07h às 19h.

Para cada ambiente monitorado foi montada uma estação microclimática, no qual os equipamentos foram posicionados em um tripé e instalados a uma altura de 0,60m do piso, referente a altura do abdômen para pessoas sentadas, segundo a ISO 7726 (1998), alinhado à recomendação de Lamberts *et al* (2016) em adotar a altura do abdômen, já que a norma estabelece alturas de cabeça, abdômen e calcanhar.

Quanto ao posicionamento dos equipamentos, este foi definido juntamente com os funcionários, de modo que não causasse incômodo e interferência na dinâmica de suas atividades, levando em conta o longo período de medições, contudo, dando preferência para o centro dos ambientes. O roteiro elaborado para organização das medições consta no Apêndice B.

Para a proteção dos sensores de temperatura do ar dos efeitos da radiação solar, superfícies frias ou quentes e outras fontes de radiação, conforme recomenda a ISO 7726 (1998), os equipamentos foram colocados dentro de abrigos meteorológicos de material com baixa emissividade e com pequenas aberturas na lateral para circulação de ar.

Todavia, o Laboratório de Conforto não possuía esses “protetores”, sendo seu custo bastante elevado. Sendo assim, foram confeccionados abrigos com o

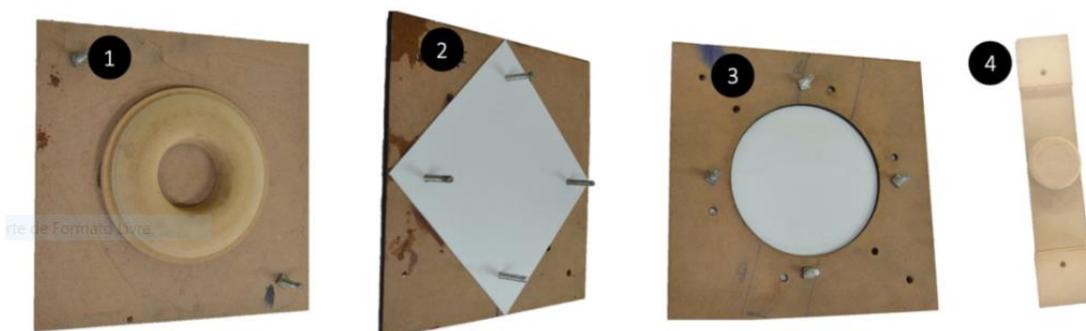
auxílio da pesquisadora Kamyla Barros e os técnicos José Renato Dibo, do laboratório de modelos e plástica, e Pedro Henrique Mattia, do laboratório de conforto ambiental, no qual serão abordados a seguir.

### 3.4.3. Abrigos Meteorológicos

Para abrigar o *data logger* HOBO, foram desenvolvidos abrigos meteorológicos com materiais de baixo custo, inspirados nos abrigos industrializados do modelo SQ15-S2160 da Squitter. Os materiais utilizados foram placa de poliestireno, barra roscada galvanizada, porca borboleta e porca comum, onde todas as peças de ferro possuem  $\frac{1}{4}$ " de diâmetro.

Inicialmente foram confeccionadas 4 peças de moldes em MDF, através de um torno mecânico e cortada a placa de poliestireno em diversas placas menores e fixadas no molde. Em seguida, utilizou-se o soprador térmico para amolecer o material e conseguir o formato desejado, pressionando os moldes 1 e 4. Para finalizar a preparação das peças, essas foram cortadas com serra e lixadas, sendo o corte da abertura central feito com o uso de uma serra copo (Figura 26).

Figura 26: Moldes em MDF



Fonte: Acervo da pesquisa (2019).

Após isso, dando início ao processo de montagem do abrigo, foram adicionados 4 furos em cada peça de poliestireno, onde foram inseridas as barras galvanizadas. Para haver o distanciamento necessário para a circulação da ventilação, foram adicionados espaçadores de 1,5cm entre as placas. Ao final de cada barra roscada foi adicionada uma porca borboleta de  $\frac{1}{4}$ " de diâmetro (Figura 27).

**Figura 27:** Abrigo meteorológico pronto



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2019).

#### **3.4.4. Aplicação de questionários**

Para obtenção das variáveis pessoais e subjetivas, foram aplicados questionários aos usuários nos ambientes selecionados já citados, que aconteceram simultaneamente com as medições. O modelo do questionário utilizado nesta pesquisa está apresentado no Apêndice C e D, no qual foi baseado no apêndice K da ASHRAE 55 (2017).

Os questionários foram divididos em duas partes. Em um primeiro momento, foram solicitados os dados pessoais, hábitos e preferência, com o intuito de levantar as características físicas e pessoais, vestimentas e hábitos relacionados ao conforto térmico e adaptação ao seu ambiente térmico. E em seguida, foi realizada a avaliação do ambiente térmico, com o objetivo de levantar a percepção, a aceitabilidade e a preferência térmica dos participantes nos diferentes períodos do dia e noite.

A pesquisa aqui presente foi submetida à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP (Projeto CAAE: 29370720.9.0000.5504, aprovado pelo Sistema CEP/CONEP, em data 06/05/2020) e a pesquisa de campo só foi iniciada após a aprovação do projeto pelo sistema CEP/CONEP.

Previamente à aplicação dos questionários, foi apresentado ao participante o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), presente no Apêndice E, que foi assinado pelo participante e pela pesquisadora. Tanto o questionário, como o TCLE também foram submetidos e aprovados pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP por meio da Plataforma Brasil.

Foi definida a aplicação física dos questionários, por questões de logística, atentando-se aos cuidados e precauções com o COVID-19. Os horários de aplicação foram determinados com base na dinâmica dos participantes, levando em consideração o tempo de adaptação ao ambiente, intervalos e troca de expediente, conforme observado e conversado previamente. Desta forma, foram adotados os seguintes horários: 08:30/ 13:30/ 17:30/ 20:30/ 01:30/ 05:30.

Exclusivamente para os funcionários, foi aplicado o questionário completo apenas no primeiro horário, utilizando nos demais horários apenas um aditivo requisitando a avaliação do ambiente térmico. As respostas obtidas nos questionários foram registradas e organizadas em uma planilha eletrônica, de modo a possibilitar a análise dos dados.



# FORMA DE ANÁLISE DOS DADOS



## 4. FORMA DE ANÁLISE DOS DADOS

Para as informações projetuais, teve-se como auxílio as entrevistas com os escritórios participantes, engenheiros e arquiteta do hospital. Além disso, o livro “Arquitetura: Uma experiência na área da saúde”, escrito pelo próprio João Filgueiras Lima (LIMA, 2012), foi uma grande base para tal análise. Cabe também ressaltar outros estudos que contribuíram nessa etapa, como Lukiantchuki (2010), Lukiantchuki *et al.* (2010), Ciaco (2010) e Pereira (2012), na qual também abordaram de alguma forma o HU-UFSCar.

Para avaliar o desempenho térmico da edificação, foi utilizado o método adaptativo da ASHRAE 55 (2017), que fornece os limites de temperaturas internas, possibilitando verificar se o ambiente encontra-se dentro do intervalo aceitável. Para isso, foi necessário calcular a temperatura radiante média, a partir da temperatura de globo<sup>3</sup>, conforme a Equação 2, para se obter a temperatura operativa, conforme a Equação 3, referente ao método simplificado da ASHRAE 55 (2017)<sup>4</sup>.

$$t_r = \left[ (t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |t_g - t_a|^{1/4} \times (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (02)$$

onde  $t_r$  é a temperatura radiante média (°C);  $t_g$  é a temperatura de globo (°C);  $t_a$  é a temperatura do ar (°C), com:

$$t_0 = \frac{t_r + t_{ar}}{2} \quad (03)$$

onde  $t_0$  é a temperatura operativa (°C).

Além disso, foi também calculada a temperatura média prevalente no exterior ( $t_{pmo}$ ), determinada com base nos sete dias antes do dia em questão, conforme a Equação 4 (ABNT, 2008).

$$t_{pmo} = 0,34t_{od-1} + 0,23t_{od-2} + 0,16t_{od-3} + 0,11t_{od-4} + 0,08t_{od-5} + 0,05t_{od-6} + 0,03t_{od-7} \quad (04)$$

<sup>3</sup> Para convecção natural e globo negro padrão, segundo a ISO 7726 (1998).

<sup>4</sup> Equação recomendada para situações em que os ocupantes possuem taxa metabólica entre 1,0 e 1,3 met, sem radiação solar direta, com velocidade do ar inferior a 0,2m/s e com diferença entre temperatura radiante média e temperatura do ar inferior a 4°C.

onde  $t_{pmo}$  é a temperatura média prevalente no exterior (°C);  $t_{od-1}$  é a temperatura média do dia anterior ao dia em questão (°C);  $t_{od-2}$  é a temperatura média do dia anterior ao dia anterior (°C), e assim por diante.

Após se obter tais resultados, com base nas Equações 5 e 6, foram determinados os limites superior e inferior da Zona de Conforto, levando em consideração um nível de aceitabilidade para o conforto térmico de 80%. Além disso, foi também identificada a quantidade de horas que a temperatura do ar interna ultrapassa os limites de conforto de cada ambiente, bem como a quantidade de graus-hora em desconforto.

$$\text{Limite superior (°C): } t_o = 0,31 \times t_{pmo} \times 21,3 \quad (05)$$

$$\text{Limite inferior (°C): } t_o = 0,31 \times t_{pmo} \times 14,3 \quad (06)$$

Como parâmetros para os dados de ventilação natural, utilizou-se a escala de Olgay (2002), a tabela de Evans e Schiller (1994), considerando a escala de Beaufort e Evans (1957 apud FREIXANET e VIQUEIRA, 2004) e as recomendações da ASHRAE 55 (2017).

Para referência de umidade relativa do ar, foram utilizados como parâmetros as taxas recomendadas para ambientes internos de saúde pela NBR 7.256 (ABNT, 2005) e pela ASHRAE (2017), que recomendam de 40% a 60% e 30% a 60%, respectivamente.

Referente às informações coletadas nos questionários, foram analisadas e levantadas as médias das respostas de identificação, possibilitando a caracterização da população pesquisada. Quanto aos votos da avaliação térmica, estes foram tratados de forma absoluta, sendo a aceitabilidade e térmica correlacionada às temperaturas operativas medidas no momento dos votos e da temperatura externa predominante.

Após todos os dados terem sido abordados individualmente, buscou-se relacionar todos os parâmetros ambientais, pessoais e comportamentais que foram levantados e discutidos no decorrer dos resultados.



# ANÁLISE DOS RESULTADOS



## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISE PROJETUAL

#### 5.1.1. Localização do terreno e implantação

O Hospital Universitário Prof. Dr. Horácio Carlos Panepucci da Universidade Federal de São Carlos – HU-UFSCar está localizado na cidade de São Carlos-SP, na Av. Rui Luiz Vaz de Camões, 111 – Vila Celina, situado junto a um entrocamento rodoviário de acesso à cidade. O hospital está alocado à 1km da UFSCar e tem seu entorno caracterizado por residências, bares e restaurantes (Figura 28).

**Figura 28:** Entorno e vistas ao redor do hospital



**Fonte:** Adaptado de Google Earth (2022).

De acordo com a sua localização e baseado nas exigências e recomendações para os edifícios hospitalares, alguns pontos podem ser levantados e analisados tanto positivamente, como negativamente em relação à análise de seu entorno.

Positivamente, entende-se que a composição do entorno do hospital é uma área com reduzido tráfego e bastante desobstruído, permitindo a livre circulação dos ventos e liberdade de construir painéis solares. Além disso, cabe

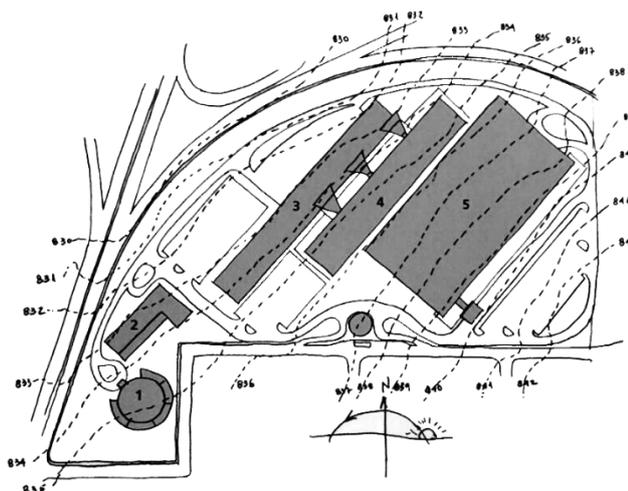
ressaltar seu fácil e eficiente acesso, tanto para os que residem que São Carlos, como para os que residem nas cidades vizinhas, sem necessidade de entrar na cidade.

Como ponto negativo tem-se a questão de um entorno bastante descampado e proximidade às plantações, que podem comprometer as estratégias de ventilação natural do projeto, em razão da poeira e fumaça de incêndios.

Em relação ao terreno destinado à construção do hospital, este possui cerca de 5% de declividade na direção da rodovia, resultando em um desnível total de 13 metros. Diante disso, foi feita uma modelação em plataformas sucessivas dispostas paralelamente às curvas de nível, de modo a se obter melhor acomodação do sistema viário interno e redução dos custos de movimento de terra (LIMA, 2012).

Conforme a Figura 29, o edifício hospitalar foi subdividido em três construções justapostas, implantadas cada uma em plataformas de níveis com diferença de um pé-direito e delimitadas visualmente por faixas ajardinadas. Com exceção do centro de estudos e da creche, no qual foram projetados em edifícios independentes.

**Figura 29:** Implantação do HU-UFSCar proposta inicialmente

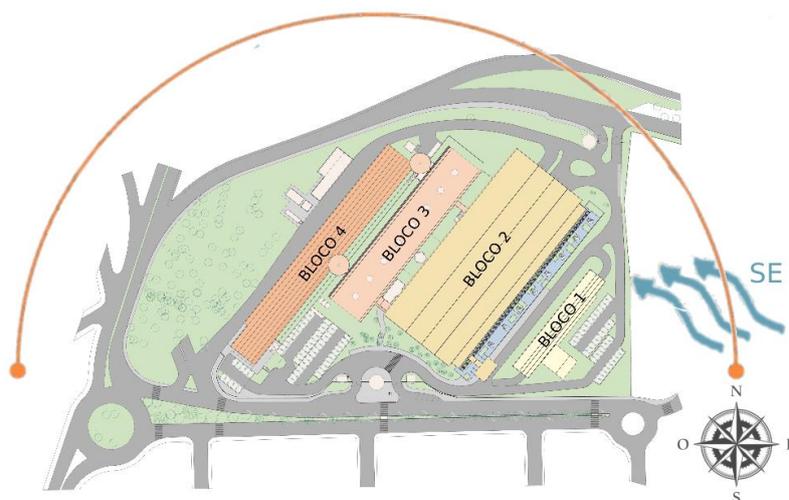


**Fonte:** Lima (2012).

Legenda: 1. Creche; 2. Centro de estudos; 3. Serviços gerais; 4. Internação; 5. Serviços técnicos.

Nota-se com a implantação atualizada cedida pelo HU-UFSCar, que houve modificações, como a não existência do bloco 1 (creche) e 2 (centro de estudos) (Figura 30). Contudo, o bloco 3 (serviços gerais), 4 (internação) e 5 (serviços técnicos) correspondem aos blocos 4 (serviços gerais), 3 (internação) e 2 (centro cirúrgico/ serviços técnicos/ urgência e emergência) na implantação atual, tendo como acréscimo o bloco 1, que destina-se a área administrativa.

**Figura 30:** Implantação do HU-UFSCar proposta atualizada com orientação solar e direção dos ventos dominantes



**Fonte:** Adaptado do acervo do HU-UFSCar (2021).

Legenda: Bloco 1. Área Administrativa; Bloco 2. Centro Cirúrgico/ Serviços Técnicos/ Urgência e Emergência; Bloco 3. Internação; Bloco 4. Serviços Gerais.

Atualmente, o HU-UFSCar conta com uma área total de 31.600 m<sup>2</sup>, no qual 6.687 m<sup>2</sup> corresponde a área construída, onde estão dispostos quatro blocos (BRASIL, 2016). O hospital foi implantado com seu maior comprimento voltado para a orientação sudeste e noroeste, e as fachadas menores para nordeste e sudoeste.

### **5.1.2. Materiais e sistemas construtivos**

Considerando a intenção e inviabilização do projeto ser executado pelo CTRS, a solução inicial contava com a participação da fábrica de Ribeirão Preto, que possibilitaria a utilização do sistema de industrialização semelhante ao do CTRS de Salvador. No entanto, a fábrica também foi inviabilizada e desta forma,

o projeto foi modificado, adaptando-a para construção convencional (LIMA, 2012).

Segundo Pereira (2012), a adaptação mais substancial do projeto foi a substituição da argamassa armada por alvenaria em blocos de concreto (externa) e *drywall* (interna). Contudo, a solução original em aço, proposta para os sheds permaneceu sem modificações.

As paredes externas da edificação são compostas por bloco de concreto 19x19x39cm, argamassa de assentamento horizontal e vertical, argamassa de areia e cimento em cada face e pintura acrílica na cor branca<sup>5</sup>, apresentando no conjunto uma resistência total de 0,3591 (m<sup>2</sup>.K)/W. Na Tabela 7 são apresentadas as propriedades térmicas da vedação citada e no Anexo A constam as propriedades dos materiais da parede e cobertura.

**Tabela 7:** Propriedades térmicas da parede

PAREDES	Propriedade	Edificação	NBR 15220	NBR 15575
	Transmitância Térmica	$U = 2,78 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U \leq 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U \leq 3,70 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
	Atraso Térmico	$\varphi = 3,38$ horas	$\varphi \geq 6,50$ horas	-
	Fator Solar	$\text{FS}_o = 5,50\%$	$\text{FS}_o \leq 3,50\%$	-
	Capacidade térmica	160,62 kJ/(m <sup>2</sup> K)	-	$\geq 130$

**Fonte:** Adaptado de ABNT (2005) e ABNT (2013).

Como visto na Tabela 7, com base nos parâmetros estabelecidos pelas NBRs para a Zona 4, a parede do hospital não atende as exigências de desempenho mínimo pela NBR 15220 (2005), atendendo apenas a NBR 15575 (2021), que contempla apenas a transmitância e capacidade térmica. A NBR 15220 (2005) recomenda que as paredes para essa zona sejam pesadas, com alta inércia térmica, fazendo com que haja um atraso do calor do exterior para o interior da edificação.

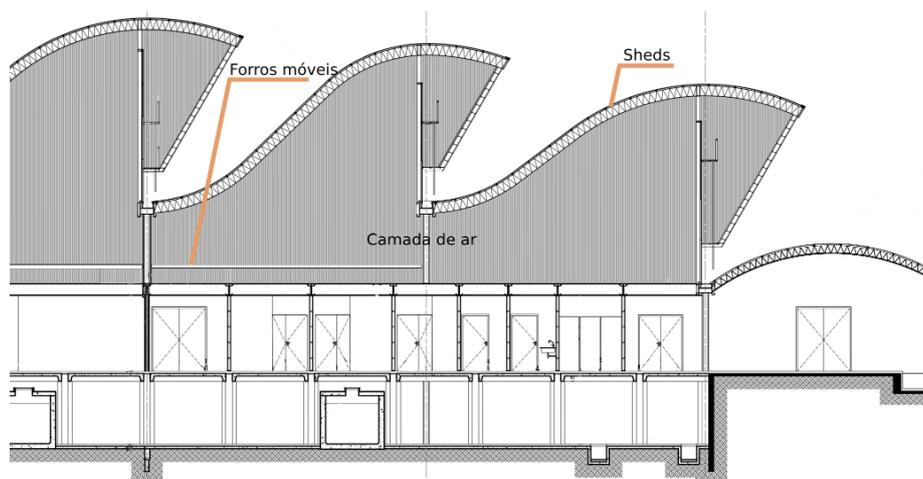
Ainda que estas não sejam normas específicas para hospitais e que possuam pontos questionáveis, teve-se a intenção de trazer tal informação para subsídeo de análise. Nesse sentido, para alcançar o recomendado, algumas soluções podem ser apontadas, como a adição de uma camada de material

<sup>5</sup> Informação cedida pelo engenheiro Fábio Lucenti

isolante, que resultará no aumento da resistência térmica pelo uso de paredes compostas.

Compondo a cobertura, estão dispostas telhas onduladas em chapa de aço zincada pré-pintada na cor branca, isoladas acusticamente com manta de bidin colada em sua face interna.<sup>6</sup> Todos os blocos do hospital possuem a mesma especificação de cobertura curva, caracterizada por um sistema composto por telha, proteção acústica, camada de ar e forro (Figura 31) (PEREIRA, 2012).

**Figura 31:** Esquema estrutural bloco B



**Fonte:** Adaptado do acervo do HU-UFSCar (2021).

Os tetos dos ambientes são desmontáveis e totalmente independentes da estrutura da cobertura. Tal estratégia se dá pela utilização de vigamento duplo apoiado em pilares dispostos ao longo das paredes que dividem os ambientes. Nesse vigamento, apoiam-se caixilhos basculantes em policarbonatos, nas áreas em que a ventilação e iluminação naturais são possíveis, com o auxílio de aletas motorizadas. Onde as variáveis ambientais precisam ser controladas, foram colocados tetos metálicos, a fim de garantir o ambiente hermético necessário (LIMA, 2012).

A cobertura é a face do edifício mais exposta à radiação solar, sendo então, responsável por grande parte do ganho térmico para o interior do edifício. Visto isso, segundo a NBR 15220 (ABNT, 2005), o aço possui um valor de condutividade térmica de  $\lambda = 55 \text{ W/(m.k)}$ , ou seja, é um material com uma

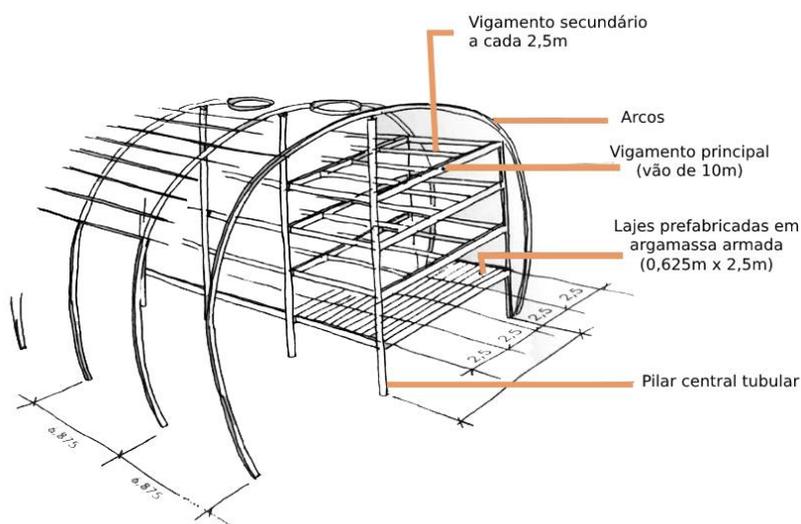
<sup>6</sup> Informação cedida pelo engenheiro Fábio Lucenti

resistência térmica relativamente baixa ( $R=e/\lambda$ ), e conseqüentemente possui um valor de transmitância térmica alto.

Por outro lado, esta cobertura é pintada na cor branca, que contribui para a minimização da absorção da radiação solar e aumento da reflexão dessa mesma radiação, em vista de seu valor de absorvância ( $\alpha$ ) em torno de 20% ( $\alpha=0,20$ ), conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005). Ainda que não seja considerado nesse valor a degradação da cor, que será discutida mais adiante.

Quanto ao bloco C, destinado à internação, este se difere dos demais, sendo a sua estrutura (Figura 32) constituída por pilares tubulares espaçados, que recebem o vigamento principal no qual se apoiam as vigas secundárias, e que por sua vez, recebem as lajes pré-fabricadas em argamassa armada. Toda essa estrutura é englobada por arcos metálicos, que formam uma estrutura de proteção, dispostos ao longo do edifício, apoiando-se no solo e nos pilares centrais da estrutura dos pavimentos (LIMA, 2012).

**Figura 32:** Esquema estrutural bloco C



**Fonte:** Adaptado de Lima (2012).

Possui fechamento de chapa de aço zincada (telha trapezoidal) pré-pintada na cor branca e impermeabilização da parede com um impermeabilizante à base de polímeros acrílicos (resina termoplástica), cimentos, cargas minerais e fibras sintéticas<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Informação cedida pelo engenheiro Fábio Lucenti

Por fim, como já mencionado, o hospital conta com uma galeria (subsolo técnico), situada no prédio de serviços gerais e no bloco de internação, no qual as instalações em geral se distribuem. Essa é uma solução que torna tais instalações muito mais acessíveis, visíveis e “visitáveis” (LIMA, 2012).

### **5.1.3. Estratégias de conforto ambiental**

Como já mencionado, São Carlos é caracterizado por ter um clima tropical, com verão chuvoso, inverno seco e alta variação de amplitude térmica durante o dia. De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, suas principais estratégias de conforto para o verão são: refrigeração evaporativa, inércia térmica para resfriamento e ventilação seletiva; e para o inverno: aquecimento solar da edificação e paredes internas pesadas.

As estratégias utilizadas do hospital, se resumem no uso dos sheds; dos forros basculantes de policarbonato translúcido; das galerias subterrâneas; da vegetação; dos espelhos d’água; dos brises e do emprego adequado da cor. A seguir serão abordadas tais estratégias de forma mais detalhada.

Segundo Lima (2012), a maior parte dos ambientes foram pensados com o propósito do uso da ventilação e iluminação natural, contudo, atualmente os ambientes naturalmente ventilados foram reduzidos e podem ser visualizados na planta baixa da Figura 33, que encontra-se ampliada no Anexo B.

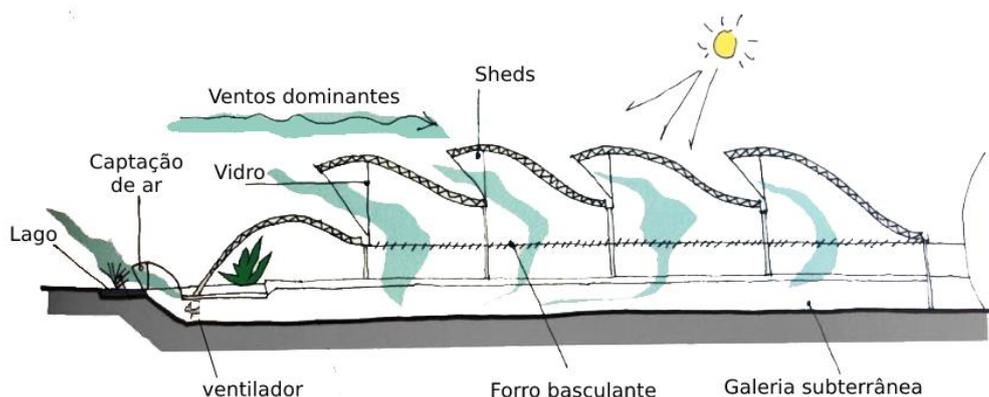
**Figura 33:** Locais com ventilação natural do HU-UFSCar



**Fonte:** Adaptado do acervo do HU-UFSCar (2021).

Como no Hospital Sarah do Rio de Janeiro, o projeto conta com galerias de tubulações no subsolo, que faz com que o ar fresco seja captado e extraído, por sucção, pelas aberturas dos sheds, voltados para a face sudeste, acima do teto do pavimento e previstos para os prédios destinados aos serviços gerais e aos serviços técnicos (Figura 34).

**Figura 34:** Corte esquemático dos blocos de serviços técnicos com sistema de ventilação



**Fonte:** Adaptado de Lima (2012)<sup>8</sup>.

As aberturas das galerias localizam-se junto aos espelhos d'água (Figura 35) que adentram o edifício, formando um sistema evaporativo, no qual é auxiliado por aspersores (Figura 36) e que resulta na diminuição da temperatura do ar, antes mesmo de sua entrada no edifício. Além disso, as partículas de poeira externas também são filtradas.

**Figura 35:** Espelho d'água e jardim externo



**Figura 36:** Aspersores ligados



**Fonte:** Autora (2021).

Complementando tal estratégia, está presente interna e paralelamente aos espelhos d'água, um extenso jardim que percorre o comprimento da fachada

<sup>8</sup> Correção dos ventos dominantes que incidem no sudeste e não do nordeste, conforme ilustrado em Lima (2012).

(Figura 37). Nesse sentido, cabe destacar que tais estratégias vão de encontro do recomendado pela NBR 15220 (ABNT, 2005) para a Zona Bioclimática 4, no verão, compreendido pelo resfriamento evaporativo, que além de reduzirem a temperatura do ar, também filtram as partículas de poeira que vem do ar externo.

**Figura 37:** Espelho d'água e jardim interno



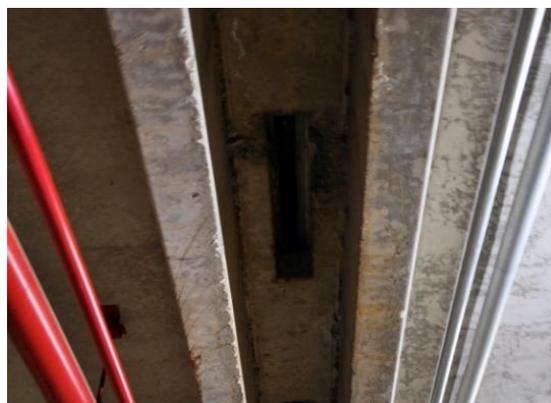
**Fonte:** Autora (2021).

Dando sequência, o ar é admitido pelas galerias subterrâneas (Figura 38), seja pela ação natural dos ventos ou com o auxílio de ventiladores (Figura 39), formando um colchão de ar ventilado. Cabe destacar que o fato das galerias serem subterrâneas e por conseguinte, estarem rodeadas de terra, faz com que essa seja outra condição que auxilia na diminuição da temperatura, no sentido de que “o ar perde parte da energia térmica para a terra, o que baixa a sua temperatura” (CORBELLA E YANNAS, 2009, p.118). Contudo, no caso do HU-UFSCar, apenas uma parte da galeria é realmente subterrânea, de acordo com o desnível do terreno.

**Figura 38:** Galerias subterrâneas



**Figura 39:** Dutos de ventilação



**Fonte:** Autora (2021).

As galerias permitem canalizar o ar, criando um diferencial de pressão necessário para favorecer a ventilação vertical, que evita que o vento transporte os vírus e bactérias ao longo de todos os ambientes do hospital. Desta forma, o ar admitido das galerias é insuflado para os ambientes internos, por meio de dutos (Figura 40) entre as paredes internas que expõem o ar através de venezianas localadas nas paredes (Figura 41), controláveis manualmente.

**Figura 40:** Ventilador nas galerias



**Figura 41:** Venezianas internas



**Fonte:** Autora (2021).

Com o aquecimento natural do ar no ambiente, por ser mais leve, este se eleva e passa pelos forros móveis (Figura 42), que estão localizados entre a cobertura em sheds e os ambientes internos. Os forros possuem uma angulação flexível, podendo chegar até  $90^\circ$ , e possibilitam a renovação de ar constante, utilizando-se, no verão, uma ventilação direta com uma angulação considerável, e no inverno, uma ventilação indireta, ajustando a angulação desejável.

**Figura 42:** Forros basculantes móveis



(a)



(b)

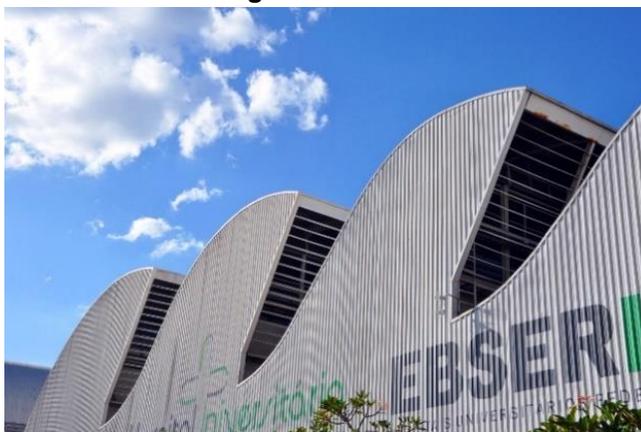
**Fonte:** Autora (2021).

É relevante pontuar que, seja por qual for o motivo, se os forros basculantes ficarem fechados, a ventilação natural, que é o único meio de condicionamento térmico e renovação do ar de alguns ambientes, será praticamente nula e ficará bastante a desejar.

Após o ar passar pelos forros móveis, o ar seria extraído pelos sheds (Figura 43), através do efeito chaminé. Nesse sentido, de acordo com Lima (2012) os ventos dominantes viriam do nordeste, no entanto, verificou-se que os ventos dominantes incidem do sudeste, influenciando na atuação dessa estratégia.

Nesse caso, acredita-se que as correntes de ar também vão adentrar pela cobertura, onde há uma grande circulação do ar. Nos sheds há a presença de brises e telas, que podem reduzir a área efetiva da abertura. Os sheds também filtram a radiação solar direta, fazendo com que a luz, antes de chegar aos ambientes internos, passe por um grande ático, possibilitando múltiplas reflexões e uma difusão da luz solar.

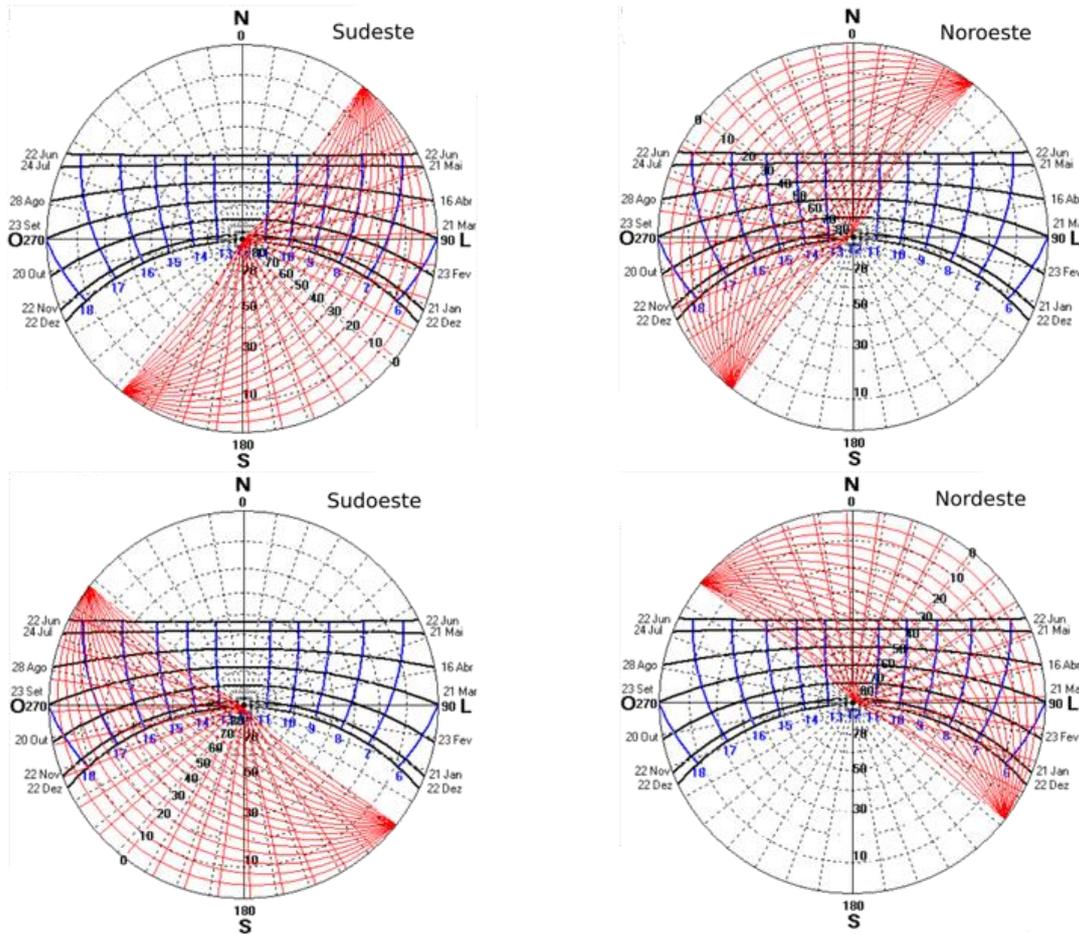
**Figura 43:** Sheds



**Fonte:** Autora (2021).

Em relação às fachadas, estas recebem impactos térmicos diferentes, e sendo assim, devem receber tratamentos diferenciados com relação à incidência solar. No caso do HU-UFSCar, os quatro blocos do hospital foram implantados com as fachadas maiores orientadas para 128° sudeste – 308° noroeste, e as menores na direção 38° nordeste – 218° sudoeste, de modo que a trajetória solar acontece na diagonal dos edifícios, tendo um período de insolação conforme mostra a Figura 44 e o Quadro 12.

**Figura 44:** Carta solar com insolação nas fachadas no HU-UFSCar



**Fonte:** Adaptado do Software Sol-Ar 6.2 (2022).

**Quadro 12:** Período de insolação nas fachadas do HU-UFSCar

Fachada	Solstício de verão	Equinócios	Solstício de inverno
Nordeste 38°	5h até as 12h	6h até as 13:20h	6:40h até as 15:30h
Sudeste 128°	5h até as 12h	6h até as 10:40h	6:40h até as 9:30h
Sudoeste 218°	12h até as 19h	14h até as 18h	15:40h até as 17:30h
Noroeste 308°	12h até as 19h	11:10h até as 18h	9:50h até as 17:30h

**Fonte:** Dados levantados na carta solar da latitude de São Carlos (2021).

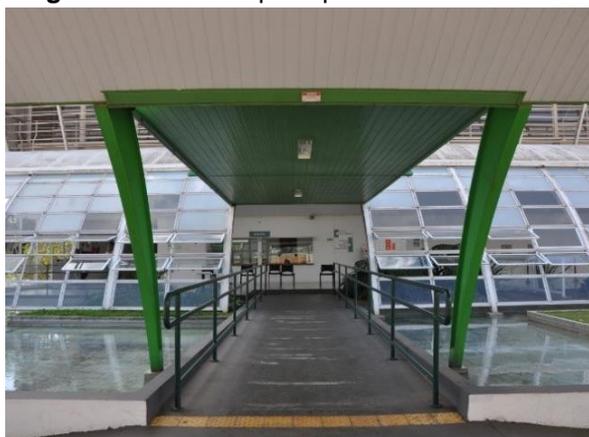
A implantação do hospital durante o verão permite um período de insolação pela manhã nas fachadas nordeste e sudeste. Já nas fachadas sudoeste e noroeste, tem-se uma maior preocupação com o ganho térmico no período da tarde. Quanto ao inverno e equinócios, a fachada noroeste é a que possui maior incidência solar, seguida da fachada nordeste e sudoeste, sendo a fachada sudeste a que menos recebe insolação.

O bloco B, diferentemente do bloco C, não possui proteção solar alguma nas fachadas sudeste e noroeste, que são envidraçadas e que serão abordadas adiante. Conforme previamente observado, estas são fachadas que recebem considerável incidência solar, sendo proveitoso a utilização de elementos de proteção solar, tais como brise-soleis ou marquises, para reduzir a carga térmica interna nesses ambientes.

Em relação ao perfil dos ventos, tem-se como relevante influência o tecido urbano, o arranjo das construções e a presença de obstáculos externos (BITTENCOURT E CÂNDIDO, 2006). Sendo assim, acredita-se que a topografia acidentada e as massas vegetativas da UFSCar, ao nordeste, podem interferir no efeito dos ventos nos diferentes blocos do hospital. Contudo, o entorno desobstruído e a quase inexistência de edifícios na direção dos ventos dominantes contribui para a livre circulação dos ventos.

Após compreendida tais questões, a seguir serão descritas e analisadas as fachadas dos blocos B e C, por serem os blocos mais concluídos do hospital. A fachada sudeste do bloco B, onde localiza-se a entrada principal do hospital (Figura 45), é toda envidraçada, possuindo janelas basculantes e uma abertura fixa em seu rodapé (Figura 46).

**Figura 45:** Entrada principal fachada sudeste



**Figura 46:** Aberturas fixas no rodapé



**Fonte:** Autora (2021).

Levando em consideração que esta é a face que menos recebe insolação, é condizente a presença da fachada envidraçada nesse sentido. Contudo, esta fachada não possui proteção alguma para incidência solar que receberá durante praticamente, todo o período da manhã, com exceção da entrada principal,

sendo apropriado seu uso para evitar o desconforto no verão, diante da quantidade de vidro utilizada.

Segundo Krstić-Furundžić e Kosić (2016), uma fachada envidraçada fornece mais que o dobro de ganhos solares quando comparada a uma fachada tradicional. Além disso, essas fachadas podem produzir o “efeito estufa”, onde a saída do ar quente é retida.

Para o inverno, tal fachada envidraçada pode ser vista como uma estratégia de aquecimento solar, porém, as aberturas fixas nos rodapés causam desconforto com a entrada do vento gelado, sendo impossível seu controle devido à presença dos espelhos d’água, ainda que esta seja uma forma de garantir a renovação do ar desse ambiente (LUKIANCHUKI, PRADO e CARAM, 2010). Além disso, a operação dessas esquadrias é manual, sendo dificultado seu acesso em razão dos espelhos d’água.

Essa é uma fachada que dispensa o uso de iluminação artificial durante o período da manhã e da tarde, o que também acontece com os ambientes que recebem iluminação proveniente do exterior, através das grandes aberturas nos sheds e pela penetração da luz solar por meio dos forros basculantes, que são em policarbonato transparente.

Neste sentido, foi lançada no começo de 2022 a Campanha “Economizar para Cuidar”, com o objetivo de adotar medidas para reduzir o consumo de energia elétrica do hospital. Para isso, foram colocados adesivos nos controles de ar-condicionado, próximos aos interruptores de energia e nos monitores de computadores (Figura 47), registrada nos sanitários públicos, que também contam com a presença dos forros e venezianas (Figura 48 e 49).

Segundo a EBSEH (2022), em 2017 e 2019 foram implementadas medidas do Programa de Eficiência Energética do HU-UFSCar, realizado em parceria com a Concessionária CPFL e um investimento total de R\$485.774,09. As medidas consistiram na substituição de lâmpadas fluorescente e de sódio por lâmpadas e luminárias LED (Figura 50), instalação de uma usina solar fotovoltaica (Figura 51) de 14,8 kWp e de 20 coletores solares com capacidade de aquecer 2.000 litros de água para banho.

**Figura 47:** Adesivo da Campanha



**Figura 48:** Forros do W.C.

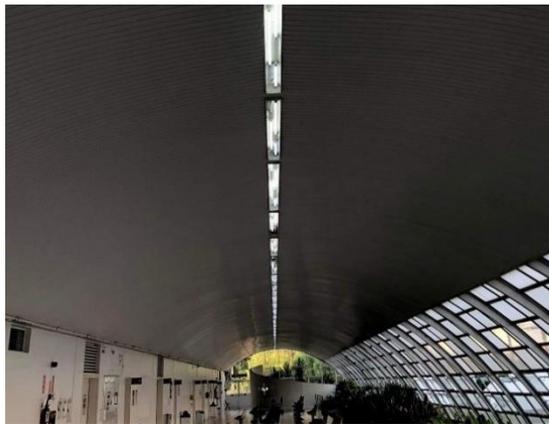


**Figura 49:** Veneziana do W.C.



**Fonte:** Autora (2022).

**Figura 50:** Luminária LED área de espera



**Figura 51:** Usina solar fotovoltaica



**Fonte:** Autora (2021).

Outra questão que cabe ser mencionada é que, embora a ventilação natural ofereça vários benefícios, não são todos os ambientes que estão aptos para usufruir desse recurso. Como ilustrado na Figura 52, registrada na área de espera do hospital, as aberturas para entrada da ventilação natural podem ocasionar a entrada de outros elementos, como insetos, aracnídeos, pássaros e poeira, ainda mais atrelado à presença da água e vegetação.

**Figura 52:** Aracnídeos encontrados na área de espera



**Fonte:** Autora (2022).

Retornando às fachadas, a fachada noroeste do bloco B não é facilmente visualizada, pois, conectado a ela está o bloco C (Figura 53). Pelo que se observa (Figura 54b), esta também é uma fachada toda envidraçada e compreende em seu interior um longo corredor.

Apesar da barreira que o bloco C faz sobre essa face, vale lembrar que a fachada noroeste é a face que possui a maior incidência solar, o que possivelmente tem relação com a vedação improvisada em parte desta fachada (Figura 53). No solstício de verão, a face recebe incidência solar em todo o período vespertino, a partir do 12h, o mesmo ocorre no inverno, sendo o início dessa incidência a partir das 10h.

**Figura 53:** Conexão bloco B e C



**Figura 54:** Fachada noroeste do bloco B



(a)

(b)

**Fonte:** Autora (2021).

A fachada sudoeste do bloco B (Figura 55) é a vista principal do hospital e onde localiza-se a portaria de acesso ao público. Com exceção da área de espera que é toda envidraçada, essa é uma fachada que não possui aberturas

para ventilação e que possui um dos acessos para o subsolo (Figura 56). Na sua extensão, nota-se a presença de árvores e vegetação, o que garante um maior sombreamento, contribuindo para um microclima mais agradável.

**Figura 55:** Fachada sudoeste bloco B



**Figura 56:** Acesso ao subsolo técnico



**Fonte:** Autora (2021).

Semelhante a esta fachada, a face nordeste deste mesmo bloco quase não possui aberturas e está protegida por um beiral que se forma com o prolongamento da área dos sheds (Figura 57). Essa é a vista que se tem da rodovia, sendo seu acesso realizado apenas por funcionários.

**Figura 57:** Fachada nordeste bloco B



**Fonte:** Autora (2021).

O mesmo ocorre com as fachadas sudoeste (Figura 58) e nordeste (Figura 59) do bloco C, que não possuem abertura nenhuma, sendo pintadas na cor branca. A fachada nordeste, no verão recebe incidência solar durante todo o período da manhã e no inverno essa incidência contempla parte da tarde também. Já a fachada sudoeste, a incidência solar no verão abrange todo o

período da tarde, o que é bastante reduzido no inverno, que recebe incidência a partir das 15:40h até às 17:30h.

**Figura 58:** Fachada sudoeste bloco C      **Figura 59:** Fachada nordeste bloco C



**Fonte:** Autora (2021).

A fachada noroeste deste bloco possui lâminas metálicas horizontais fixadas na estrutura metálica em arco, criando uma camada de ar que envolve o edifício, protegendo contra a incidência direta do sol (Figura 60). Na fachada sudeste do mesmo bloco (Figura 61), é previsto que a estrutura dos arcos receba caixilhos com vidros transparentes, dotados de abertura junto ao solo, para penetração do ar.

**Figura 60:** Fachada noroeste bloco C

**Figura 61:** Fachada sudeste bloco C

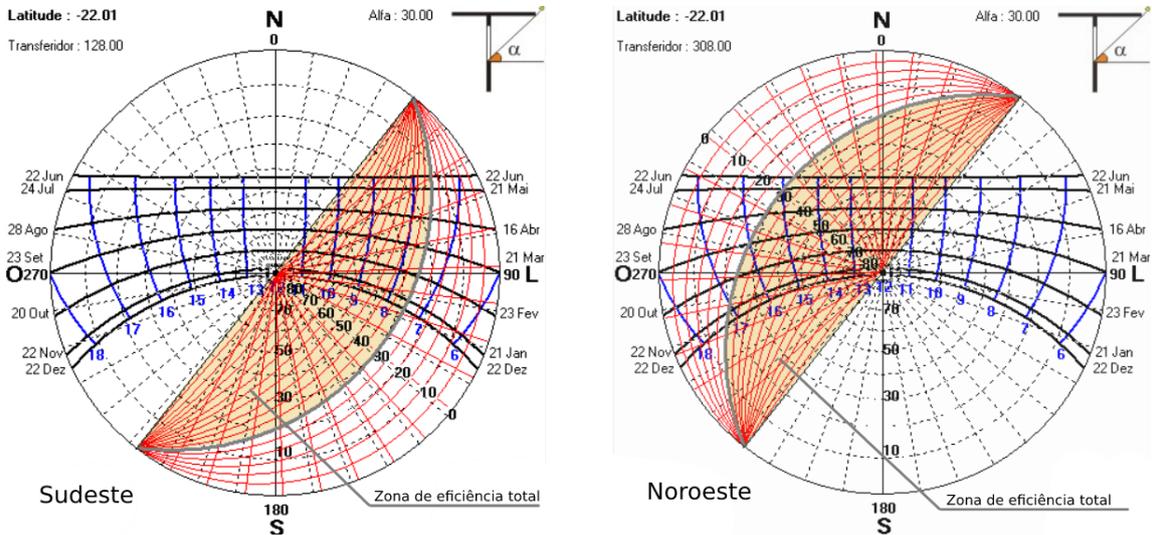


**Fonte:** Autora (2021).

De acordo com a máscara de sombra (Figura 62), observa-se que os protetores solares horizontais são eficientes nas principais horas de incidência solar tanto de manhã, na face sudeste, como de tarde, na face noroeste. Além

disso, essa proteção não possui vulnerabilidade à incidência solar lateralmente, já que os protetores solares protegem toda a extensão do edifício.

**Figura 62:** Máscara de sombra da fachada sudeste e noroeste do bloco C



Fonte: Adaptado do Software Sol-Ar 6.2 (2022).

Esse bloco possui um sistema de ventilação diferente dos demais, tendo o ar captado por meio dos brises metálicos que compõem a vedação externa e sendo liberado pelos exaustores que se localizam na cobertura (Figura 63).

**Figura 63:** Exaustor



**Figura 64:** Solário bloco internação



Fonte: Autora (2021).

O bloco também comporta três solários para lazer e banho de sol dos pacientes (Figura 64). A radiação é desejável aos seus efeitos bactericidas e de síntese de vitamina D, necessária para o equilíbrio ósseo e imunológico, além de favorecer a produção de um conjunto de hormônios que dão equilíbrio ao comportamento humano (SICHIERI; CARAM e SANTOS, 2007).

Em relação a cor branca, utilizada em todas as superfícies do edifício, também é uma questão a se pontuar, inclusive na cobertura, que é a face que mais recebe insolação. O uso específico dessa cor permite uma alta reflexão da luz solar e diminui a quantidade de carga térmica absorvida pelo edifício, ou seja, possibilita um menor aquecimento no ambiente interno.

Contudo, a envolvente do edifício está sujeita às intempéries e à deposição de material particulado presente no ar, que compromete o desempenho da cor (PAOLINI *et al.*, 2014). Por isso, é de extrema importância levar em consideração a manutenção e deterioração ao longo dos anos, principalmente em um edifício público, que já tem apresentado outros problemas nesse sentido.

Segundo Dornelles (2021), as modificações de refletância são principalmente pelo intemperismo e sujeira. Em seu trabalho foram analisados nove revestimentos brancos, nos quais foram expostos às condições naturais de intemperismo em São Carlos/SP por um ano.

Neste período, Dornelles (2021) constatou mudanças de 13% a 23% na refletância solar, com maior diminuição para superfícies rugosas, onde é maior o acúmulo de sujeira. Além disso, foi também realizado um processo de limpeza nos revestimentos, que teve como resultado a restauração de 90% a 100% da refletância solar original, o que mostra capacidade dos revestimentos em restaurar a refletância solar inicial após o período de intemperismo natural.

Por ser muito exposta a localização do hospital, a aderência de sujeira na superfície é muito grande. Se não há manutenção, a eficiência da cor é perdida rapidamente. Ainda assim, o branco, mesmo após a sua deterioração, é melhor escolha do que outras cores mais escuras.

#### **5.1.4. Alterações do projeto inicial**

Na região de São Carlos, em determinada época do ano, há uma quantidade de queimadas muito grande em função da grande quantidade de áreas destinadas ao plantio de cana-de-açúcar. Tais queimadas colocam na atmosfera local uma grande quantidade de fuligem, que conseqüentemente

comprometiam o funcionamento dos sheds. Tal situação, segundo o engenheiro do departamento municipal, responsável pelo acompanhamento e fiscalização da obra, foi resolvida com instalação de telas junto às aberturas no ponto mais alto dos sheds (CIACO, 2010), conforme ilustra a Figura 65.

**Figura 65:** Vedação dos sheds



**Fonte:** Autora (2021).

Outra questão levantada foi o desconforto em alguns ambientes que possuem apenas a opção de ventilação natural em determinadas condições de clima externo. Nesse sentido, foram instalados ar condicionados e renovadores de ar em algumas dessas dependências (Figura 66), sendo intenção futura a instalação em quase todo o hospital. Contudo, é relatado por parte dos ocupantes desses ambientes com a opção de ventilação natural e mecânica, a preferência pela ventilação natural, quando o clima está apropriado.

**Figura 66:** Ambiente com condicionamento natural e artificial



**Figura 67:** Vedação das venezianas



**Fonte:** Autora (2021).

Já em outros ambientes, como na Figura 67, a ventilação natural não é uma opção por razões que envolvem as exigências da ANVISA, e nesse sentido, as venezianas foram vedadas e substituídas totalmente pelo condicionamento artificial de ar.

O uso dos forros basculantes exigem uma rigorosa manutenção em razão do seu funcionamento motorizado e sua limpeza, principalmente por sua natureza de edifício da saúde. Sendo assim, foi relatado que muitos desses elementos estavam funcionando com dificuldade, seja por complicações mecânicas dos forros ou mesmo com a sujeira proveniente de insetos, poeira e pássaros, sendo então substituídos por forros fixos de PVC ou como na Figura 68, vedados com vidro.

**Figura 68:** Vedação dos forros basculantes



**Figura 69:** Danificação dos espelhos d'água



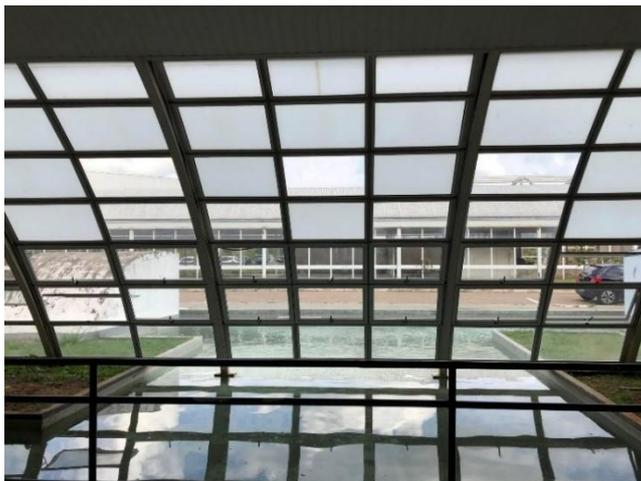
**Fonte:** Autora (2021).

Ainda em relação à manutenção, é relevante mencionar situações ilustradas pela Figura 69, na qual entende-se que houve corrosão do aço em contato com a água e nota-se danificação da pintura. Sendo assim, tem-se a preocupação que tal situação alterem a pureza e qualidade do ar, causando danos pessoais.

Referente à estrutura do hospital, foi identificada um equívoco projetual na fachada envidraçada sudeste do bloco B, onde as esquadrias foram feitas originalmente para ficarem na vertical, contudo, ao serem inclinadas, as forças atuantes aumentam e os carrinhos e trilhos não possuem resistência suficiente, podendo ocasionar um acidente.

Desta forma, nem todas as esquadrias podem ser abertas, permanecendo em alguns pontos da fachada, como mostra a Figura 70, a maior parte fechada. Segundo o engenheiro do hospital, algumas janelas possuem a estrutura de suporte comprometida e não podem ser abertas. Além disso, as estruturas em questão são difíceis de ser adquiridas, então por precaução é evitado o seu manuseio.

**Figura 70:** Esquadrias impossibilitadas de abertura



**Fonte:** Autora (2021).

## 5.2. ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO

### **5.2.1. Caracterização dos ambientes analisados**

Para auxiliar a interpretação dos dados obtidos nas medições e questionários, os ambientes analisados foram caracterizados, quanto ao sistema de condicionamento, estratégias presentes, fontes de calor, ocupação do ambiente, entre outras informações julgadas pertinentes.

Como já mencionado anteriormente, todos os ambientes analisados não possuem ar-condicionado e foram pensados para serem ventilados naturalmente. Nos ambientes que comportam funcionários, isso acontece por meio dos forros basculantes e, apenas nos ambientes do SADT, por meio também de venezianas. Nesse sentido, observou-se que tanto na recepção principal, como nos ambientes do SADT, frequentemente são utilizados ventiladores de chão, registrados nos questionários o seu uso.

Em relação ao uso e operação das estratégias mencionadas anteriormente, observa-se nas Figuras 71-73 o estado permanente dos forros basculantes, sendo a sua não operação justificada por desconhecimento, incredulidade ou mesmo inatividade do sistema motorizado. Os forros das recepções encontram-se parcialmente abertos, sendo a abertura do forro da recepção principal maior, e os forros dos ambientes naturalmente ventilados do SADT estão totalmente fechados, com exceção da Sala Multi, que se encontra pouco aberto (Figura 72).

**Figura 71:** Recepção Principal



**Figura 72:** Recepção Emergência



**Figura 73:** Ambientes SADT



**Fonte:** Autora (2022).

Na área de espera, ambiente também analisado em dias pontuais, o condicionamento térmico se dá por meio das aberturas em toda a fachada sudeste. Nesse sentido, observou-se que grande parte das esquadrias estavam fechadas, conforme mencionado nas alterações do projeto.

Todas as medições foram realizadas com o funcionamento normal do edifício, para que a análise condiderasse suas condições reais de uso. Por ser um mês de chuva, os espelhos d'água exigiam maior manutenção e por isso, o sistema de aspersão de água não esteve ligado diariamente, devido ao risco de entupimento. Porém, os ventiladores das galerias estavam funcionando.

Dentre os ambientes analisados, apenas as recepções têm seu funcionamento 24h, com a ocupação de duas à três pessoas no turno da manhã

e apenas uma pessoa no turno da noite. Quanto aos funcionários do SADT, seu expediente acontece das 07h às 19h e a sala da chefia SADT comporta de uma à duas pessoas. Contudo, os ambientes do SADT são todos interligados, sendo assim, a quantidade de pessoas desse ambiente se dá em média por 10 pessoas, além dos pacientes que são atendidos.

**Figura 74:** Espera principal



**Figura 75:** Espera exames



**Figura 76:** Espera emergência



**Fonte:** Autora (2022).

Na área de espera, o fluxo de pessoas, se concentrou em sua maior parte na espera de exames, que dá acesso aos ambientes do SADT, conforme ilustra as Figuras 74-76. O fluxo de pessoas na espera principal também aconteceu com frequência, porém de forma rápida, enquanto na espera de emergência, o fluxo era bem esporádico.

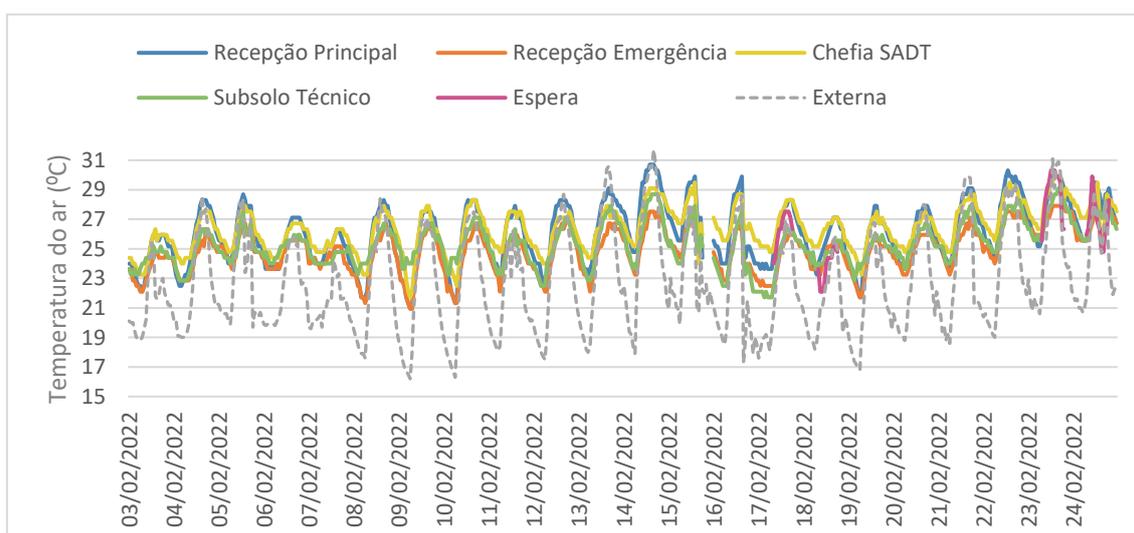
As fontes de calor registradas nas recepções e ambientes do SADT não variam muito entre si, compreendendo computadores, impressora, telefone e pessoas. Quanto ao subsolo técnico, cabe pontuar que este ambiente comporta grande parte do maquinário do hospital. As luminárias da área de espera e das recepções permanecem parcialmente apagadas durante o dia, sendo a luz artificial totalmente ligada a partir das 18h. Já nos ambientes do SADT, a luz artificial é mais necessária, ficando ligada durante todo o turno.

## 5.2.2. Variáveis ambientais

### 5.2.2.1. Temperatura do ar ( $T_a$ )

De acordo com os dados obtidos pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática (INMET, 2022), localizada na Universidade Federal de São Carlos, observa-se na Figura 77, o panorama da variação da temperatura externa e dos ambientes internos durante o período de medições, com temperaturas mais amenas no início, grande amplitude térmica no meio e temperaturas mais elevadas ao final, destacando que a temperatura externa se manteve quase todo o período abaixo da interna.

**Figura 77:** Panorama do comportamento da temperatura nos períodos monitorados



**Fonte:** Autora (2022).

No período de monitoramento, a temperatura externa máxima foi de 32,6°C, no dia 23/02/2022, as 15:00h, e a mínima foi de 16,1°C, no dia 09/02/2022, as 06:00h, sendo 22,74°C a temperatura média dos 22 dias. Foi também identificada a ocorrência de chuvas nos dias 03-07,11,15,16 e 21/02/2022 (Anexo C).

Em relação aos ambientes analisados, de modo geral, as temperaturas mais altas foram atingidas da 13h às 16h, e temperaturas mais baixas das 05:00h as 07:00h. A temperatura máxima interna foi de 31,12°C, no dia 23/02/2022, ao 12:30h, na área de espera, e a mínima foi de 20,57°C, no dia 09/02/2022, as 6:10h, na recepção principal e na recepção de emergência. A Tabela 8 apresenta

um panorama do comportamento da temperatura do ar nos diferentes ambientes analisados.

**Tabela 8:** Dados de monitoramento da temperatura do ar do dia 03-24/02/2022

Ambiente	Temperatura do ar (°C)			Amplitude térmica (°C)
	Mín.	Máx.	Méd.	
Exterior	16,10	32,60	22,74	16,30
Recepção Principal	20,57	30,31	24,80	9,74
Recepção Emergência	20,57	28,31	24,87	7,74
Chefia SADT	21,71	29,90	26,31	8,19
Subsolo Técnico	21,33	29,10	25,27	7,77
Área de espera	22,09	31,12	26,53	9,03

Fonte: Autora (2022).

É importante ressaltar que nesse período, a temperatura e a umidade relativa não se mantiveram constantes ao longo de todo o dia, ressaltando a predominância de amplitudes térmicas acentuadas durante todo o ano, conforme apontado pelos estudos de Vecchia (1997). Nesse sentido, com base nos dados atuais obtidos em comparação com a base de dados climatológicos de São Carlos, de 1981-2010 (INMET, 2010), nota-se o aumento da amplitude térmica no mês de fevereiro (Tabela 9).

**Tabela 9:** Comparação do comportamento da temperatura do ar de 1981-2010 e 2022

Ano	Mês	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)	Amplitude térmica (°C)
1981-2010	Fevereiro	28,50	18,90	22,90	9,60
2022	Fevereiro	32,40	16,10	22,74	16,30

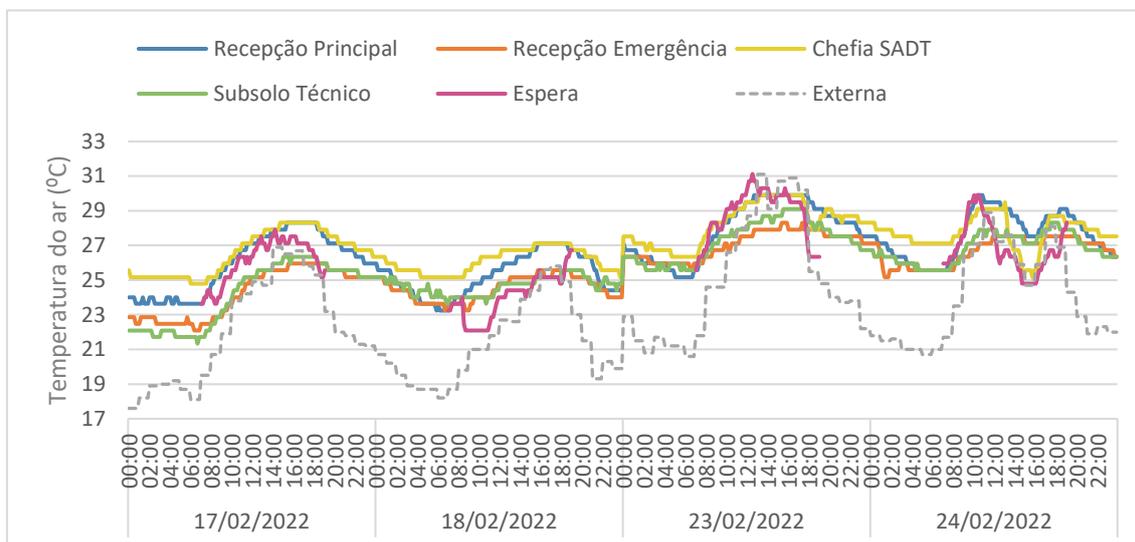
Fonte: Autora (2022).

Durante o período das medições pontuais e aplicação de questionários, a variação da temperatura do ar é apresentada na Figura 78, sendo o dia 23/02/2022, aquele que registrou a maior temperatura máxima externa durante os 22 dias.

Com base nos dados de monitoramento apontados na Tabela 10, no geral, a recepção principal e a chefia SADT foram os ambientes que registraram as maiores temperaturas máximas, com exceção dos dois dias mais quentes (23 e 24/02/2022), em que a área de espera excedeu na temperatura. Dentre esses ambientes, a chefia SADT é o ambiente que apresentou a maior temperatura média em todos os dias, com exceção do dia mais quente (23/02/2022), que a maior temperatura média registrada foi na área de espera. Além disso, a maior

amplitude térmica dos dois primeiros dias foi registrada na recepção principal e nos dois últimos dias na área de espera.

**Figura 78:** Variação da temperatura do ar nos dias 17,18, 23 e 24/02/2022



**Fonte:** Autora (2022).

**Tabela 10:** Média dos dados do monitoramento da temperatura do ar nos dias analisados

Ambiente	Temperatura do ar (°C)			Amplitude térmica (°C)
	Mín.	Máx.	Méd.	
Exterior	17,50	32,60	23,10	15,10
Recepção Principal	23,24	29,90	26,67	6,66
Recepção Emergência	22,09	28,31	25,61	6,22
Chefia SADT	24,79	29,90	27,16	5,11
Subsolo Técnico	21,33	29,10	25,73	7,77
Área de espera	22,09	31,12	26,62	9,03

**Fonte:** Autora (2022).

Quanto a temperatura mínima registrada, não houve um padrão tão claro como nas temperaturas máximas, oscilando entre subsolo técnico (17/02/2022), área de espera (18/02/2022 e 24/02/2022) e recepção principal (23/02/2022). Contudo, no geral, a recepção de emergência foram os ambientes que apresentaram as melhores condições de temperatura, registrando nos dias mais quentes as menores temperaturas médias e amplitudes térmicas.

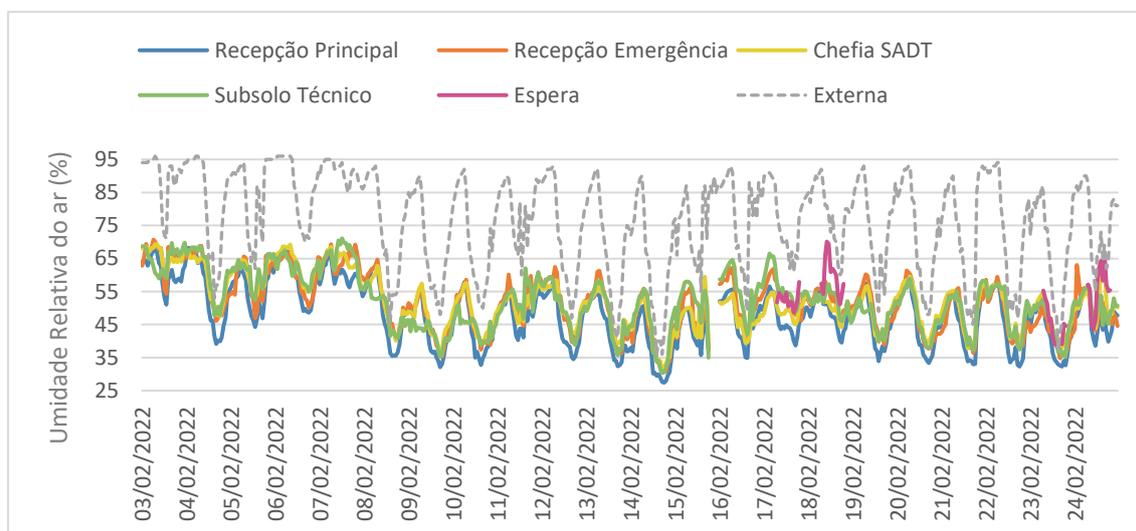
Neste sentido, em relação ao subsolo técnico, os resultados não foram previsíveis em comparação com o estudo de Lukiantchuki (2010) e Perén (2006), que obtiveram temperaturas abaixo das temperaturas de todos os ambientes internos em suas medições em hospitais da Rede Sarah. Isso é esperado, pelo fato das galerias serem compostas por espessas paredes de concreto e

subterrâneas, rodeadas por solo, o que causa redução na temperatura devido à inércia térmica.

### 5.2.2.2. Umidade relativa do ar (Ur)

A mínima e a máxima umidade relativa externa registrada foi de 33%, no dia 14/02, às 14h e 17h, e 96%, nos dias 03/02, às 07h, 04/02, das 05h às 06h e, principalmente, 06/02, das 01h às 08h, respectivamente, apresentando uma diferença de 63%. Comparando a umidade externa com a interna, de acordo com os dados apresentados na Figura 79 e Tabela 11, observa-se que a externa se manteve acima das internas todo o tempo, que por sua vez, tiveram um comportamento semelhante entre si.

**Figura 79:** Panorama do comportamento da umidade do ar nos períodos monitorados



**Fonte:** Autora (2022).

**Tabela 11:** Dados do monitoramento da umidade relativa do ar do dia 03-24/02/2022

Ambiente	Umidade Relativa do ar (%)		
	Mín.	Máx.	Méd.
Exterior	33,00	96,00	76,57
Recepção Principal	27,00	69,90	48,32
Recepção Emergência	30,20	72,50	51,77
Chefia SADT	30,00	69,90	51,91
Subsolo Técnico	29,60	71,20	52,35
Área de espera	37,00	70,10	52,89

**Fonte:** Autora (2022).

De modo geral, as taxas de umidade mantêm-se dentro do recomendado pela NBR 7.256 (ABNT, 2005) e pela ASHRAE (2017), para ambientes de saúde, correspondendo 40% a 60% e 30% a 60%, respectivamente. Contudo, de acordo

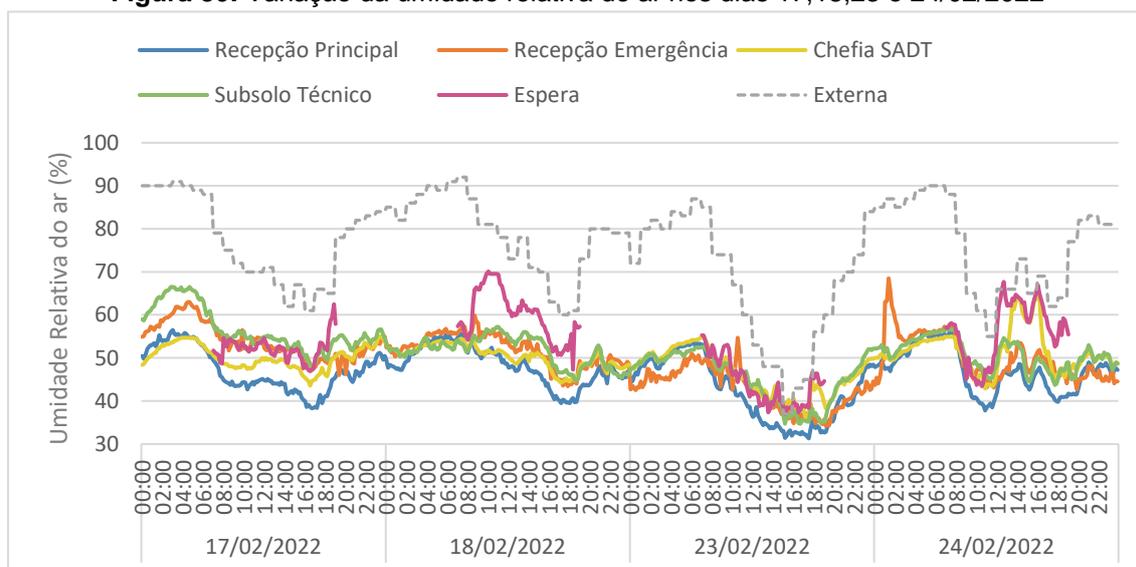
com a Tabela 12, as mínimas e máximas de alguns ambientes encontram-se fora desses limites.

Durante todo o período de monitoramento, as médias de umidade relativa do ar ficaram bem próximas entre os ambientes, contudo, o ambiente que registrou a menor taxa de umidade relativa do ar foi a recepção principal. Por outro lado, a maior média de umidificação registrada foi na área de espera, devido à presença dos espelhos d'água e dos jardins.

O subsolo técnico também atingiu uma das maiores taxas de umidade do ar, porém, novamente, este resultado contrasta com os resultados de Lukiantchuki (2010) e Perén (2006), que obtiveram valores mais altos de umidade no subsolo técnico, ficando acima da umidade externa. Nesse sentido, cabe destacar que todo o sistema de nebulização de água nas galerias, para reduzir a temperatura, estava funcionando nas pesquisas mencionadas, enquanto nas medições presentes isso não aconteceu.

Nos dias em que foram realizadas as medições pontuais e aplicados os questionários (Figura 80 e Tabela 12), o que foi apontado na análise geral do período de monitoramento se repete, sendo a recepção principal o ambiente com menor porcentagem de umidificação, todos os dias e a área de espera, seguida do subsolo os ambientes com maiores taxas de umidade.

**Figura 80:** Variação da umidade relativa do ar nos dias 17,18,23 e 24/02/2022



**Fonte:** Autora (2022).

**Tabela 12:** Média dos dados do monitoramento da umidade relativa do ar nos dias analisados

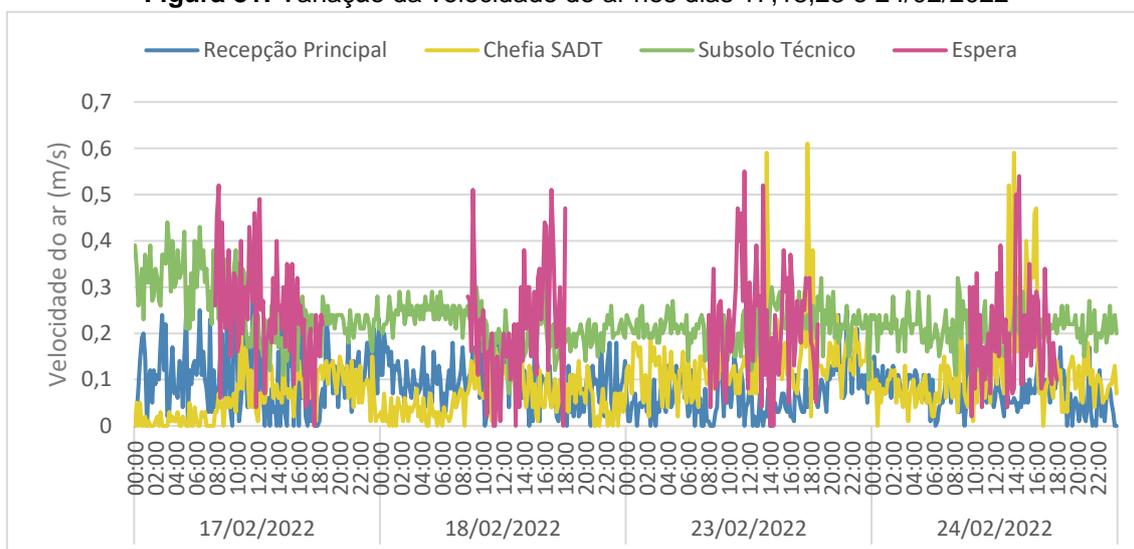
Ambiente	Umidade Relativa do ar (%)		
	Mín.	Máx.	Méd.
Exterior	36,00	92,00	75,15
Recepção Principal	31,30	56,50	46,17
Recepção Emergência	34,20	68,50	49,65
Chefia SADT	35,90	64,40	49,55
Subsolo Técnico	34,70	66,50	51,05
Área de espera	37,00	70,10	52,85

Fonte: Autora (2022).

### 5.2.2.3. Velocidade do ar (Va)

Para todos os dias analisados, as velocidades mínimas, máximas e médias do ar são apresentadas na Tabela 13 para cada ambiente. Observa-se que nos dois primeiros dias, a chefia SADT foi o ambiente menos ventilado, atingindo nos outros dois dias uma máxima superior a todos outros ambientes, em razão do auxílio de ventiladores. Portanto, considerando apenas a ventilação natural, a chefia SADT é o ambiente com menor ventilação, seguido da recepção principal.

**Figura 81:** Variação da velocidade do ar nos dias 17,18,23 e 24/02/2022



Fonte: Autora (2022).

Isso fica mais evidente na Figura 81, que apresenta a variação da velocidade do ar nos dias analisados por ambiente. Observa-se também que o subsolo técnico é o ambiente que apresenta maior constância e maior média na velocidade do ar, ficando sempre acima dos ambientes internos, como esperado, com exceção da área de espera, que apresenta as maiores máximas de

velocidade do ar, ocasionadas apenas pela ventilação natural que adentra o edifício pela fachada envidraçada.

**Tabela 13:** Média dos dados de velocidade do ar nos dias analisados

Ambiente	Velocidade do ar (m/s)		
	Mín.	Máx.	Méd.
Exterior	0,00	3,20	0,81
Recepção Principal	0,00	0,31	0,08
Chefia SADT	0,00	0,61	0,09
Subsolo Técnico	0,10	0,44	0,22
Área de espera	0,00	0,55	0,21

**Fonte:** Autora (2022).

Levando em consideração as médias de velocidade do ar apresentadas, que foram de 0,06m/s à 0,25m/s, segundo Olgay (2002), a tabela de Evans e Schiller (1994) e Evans (1957 apud FREIXANET e VIQUEIRA, 2004) esses valores seriam imperceptíveis, não causando sensação de resfriamento nos usuários.

### **5.2.3. Limites de conforto pelo modelo adaptativo**

Para a obtenção dos limites superior e inferior de temperatura para a zona de conforto no período monitorado, foi realizado o cálculo da temperatura média prevalente do ar externo dos sete dias que antecederam as medições internas, e, por meio desta, foi possível obter a temperatura neutra e os limites inferior e superior para 80% de aceitabilidade, correspondendo à 24,13°C, 20,63°C e 27,63°C, respectivamente.

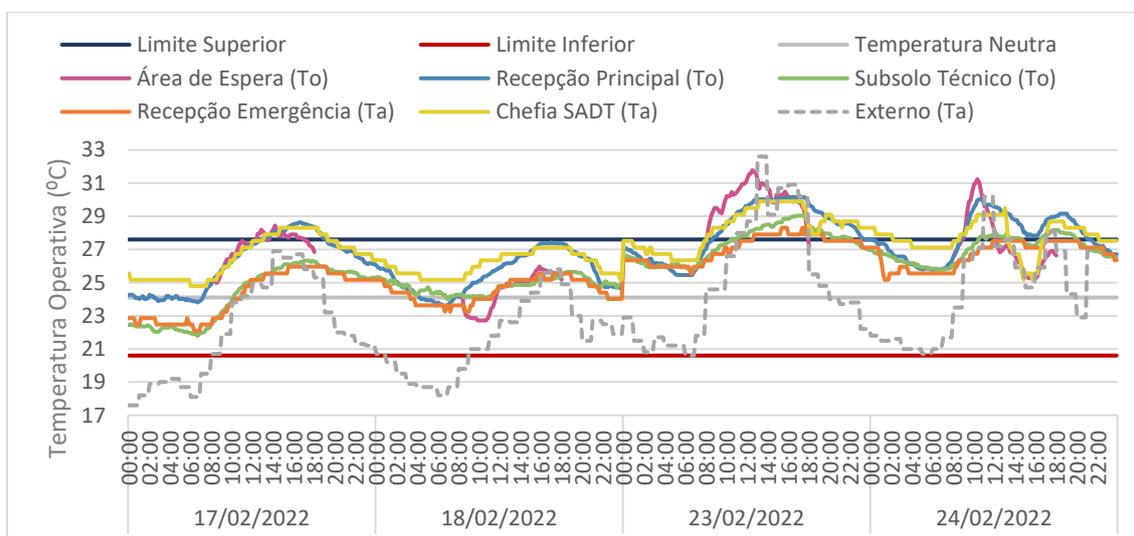
Devido à indisponibilidade de equipamentos, a medição da temperatura de globo foi realizada apenas na área de espera, recepção principal e subsolo técnico. Nesses ambientes, observou-se que a temperatura radiante média era próxima à temperatura do ar e, conseqüentemente, igual à temperatura operativa, conforme também apontaram os estudos de Dantas (2015) e Ferreira (2019). Sendo assim, foi calculada a temperatura operativa nos ambientes mencionados, e para os demais, considerou-se a temperatura do ar.

Os dados obtidos para os limites superior e inferior de aceitabilidade e as temperaturas operativas dos ambientes internos estão plotados na Figura 82, sendo possível visualizar em quais momentos a temperatura operativa dos

ambientes manteve-se fora do limite de 80% de aceitabilidade pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55 (2017). Através do gráfico, percebe-se que as maiores e menores temperaturas externas registradas durante o período de monitoramento encontram-se fora do limite de conforto, demonstrando desconforto por frio e calor.

Em relação aos ambientes internos, a área de espera foi o ambiente que apresentou a maior quantidade de horas em desconforto, proporcionalmente ao tempo de monitoramento. Nesse ambiente, o limite superior foi excedido em 17,3 horas de um total de 40,6 horas monitoradas, ou seja, 42,6% das horas, apresentando excedente de até 3,82°C.

**Figura 82:** Zona de conforto térmico aceitável para 80% das pessoas



**Fonte:** Autora (2022).

Contudo, dentre os ambientes que foram monitorados 96 horas, a chefia SADT, seguido da recepção principal, foram os ambientes que apresentaram a maior quantidade de horas em desconforto. Na chefia SADT, o limite superior excedido foi de 34 horas, representando 35,41% das horas e excedendo 2,60°C. Na recepção principal, o limite superior excedido foi de 32,83 horas, representando 34,19% das horas e excedendo 3,01°C.

A recepção de emergência, por outro lado, apresentou a menor quantidade de horas em desconforto, excedendo em 6,83 horas de um total de 96 horas, ou seja, 7,11% das horas, no qual excedeu até 1,01°C. No subsolo técnico, o limite superior excedido também foi inferior a maior parte dos

ambientes, compreendido por 18,6 horas, ou seja, 19,37% das horas, tendo excedido até 1,80°C.

#### **5.2.4. Variáveis psico-fisiológicas**

##### *5.2.4.1. População pesquisada*

Foram quatro ambientes internos do hospital investigados, contabilizando 150 participantes nos quatro dias de aplicação de questionários, sendo 21 funcionários, 84 pacientes e 45 visitantes. Dentre os pacientes e visitantes presentes na área de espera, 63,47% da população entrevistada foram mulheres. A média de idade do grupo foi de 48 anos, variando de 19 à 85 anos, com média de altura de 1,66m e de peso de 78,57kg. A maior parte dessas pessoas nasceu e mora atualmente em São Carlos e 20,15% relataram estar ou ter estado doente nos últimos dias, incluindo sintomas como indisposição, tosse, dor de garganta, tontura, dor no corpo, cansaço, falta de ar e calor.

Quanto aos funcionários dos ambientes analisados, a população é composta em sua grande maioria por mulheres, representando 80%. A média de idade foi de 35,6 anos, contemplando idades de 22 à 58 anos, com média de altura de 1,67m e média de peso de 62,49kg. A naturalidade dessas pessoas varia entre cidades do sudeste e nordeste, sendo São Carlos a cidade predominante, e o tempo em que trabalham nos ambientes de análise se dá de 1 mês à 7 anos, com média de 3,5 anos.

A vestimenta dos funcionários segue um padrão, sendo para a recepção o uso de calça, camisa, sapato e meia social (0,67 *clo*) e para o SADT o uso de calça, camisa, tênis, meia e jaleco (0,90 *clo*), considerando no isolamento da vestimenta o uso de roupas íntimas e cadeira de escritório padrão. Já os pacientes e visitantes variaram entre 0,54 à 0,74 *clo*, em toda amostra pesquisada.

Toda a população analisada desempenha atividade sedentária, no ambiente analisado, equivalente entre 1,0 a 1,2 *met*. Sendo assim, entende-se que tais variáveis pessoais atendem as exigências reconhecidas pela ASHRAE

55 (2017) para aplicabilidade do modelo adaptativo (Isolamento da vestimenta entre 0,5 clo e 1,0 clo e atividade metabólica entre 1,0 e 1,3 met).

#### 5.2.4.2. Aceitabilidade térmica

A maior aceitabilidade do ambiente, por meio dos votos, se deu na área de espera, enquanto a menor aceitabilidade se deu nos ambientes do SADT, com apenas 13,3%. Quanto às recepções, ambas apresentaram um padrão semelhante, com os votos bem divididos. Esses votos de aceitabilidade térmica são expostos na Tabela 14, que também traz a conformidade com o intervalo de temperatura de 80% da norma ASHRAE 55 (2017), de acordo com a temperatura operativa do momento do voto e os limites de aceitabilidade calculados.

Observa-se que na área de espera e na recepção principal, os votos de aceitação estiveram acima dos limites superiores da norma. Já na recepção de emergência e nos ambientes do SADT, há uma discrepância entre a relação dos votos e as condições ambientais em conformidade com o intervalo de conforto da ASHRAE 55 (2017). Em resumo, de todos os ambientes investigados, a recepção de emergência é o único que atende as condições ambientais recomendadas pela norma, contudo, os votos desse ambiente não estão alinhados a isto.

**Tabela 14:** Votos de aceitabilidade térmica e conformidade com a ASHRAE 55

Ambiente	Votos de aceitabilidade		ASHRAE Std. 55- 80%	
	Sim	Não	Sim	Não
Área de espera	87 (73,10%)	32 (26,89%)	75 (63,02%)	44 (36,97%)
Recepção Principal	17 (62,96%)	10 (37,03%)	14 (51,85%)	13 (48,14%)
Recepção Emergência	12 ( 54,40%)	10 (45,45%)	20 (90,90%)	2 (4,40%)
SADT	4 (13,30%)	26 (86,60%)	17 (56,60%)	13 (43,30%)

**Fonte:** Autora (2022).

Relacionando os votos de aceitabilidade dos usuários com a média de temperatura operativa do momento de aplicação do questionário, observou-se que a temperatura operativa entre 25,27°C à 27,87°C recebeu 94% de aceitabilidade na área de espera. Na recepção principal, a maior aceitabilidade se deu quando a temperatura operativa estava entre 23,77°C à 27,86°C.

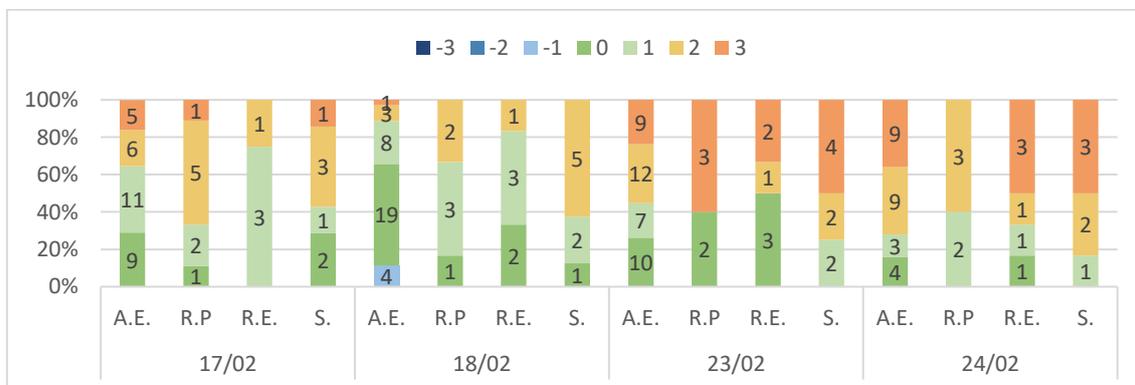
Na recepção de emergência e chefia SADT não se obteve a temperatura operativa, portanto, utilizando a temperatura do ar, observou-se que para a recepção de emergência a maior aceitabilidade se deu entre 21,52°C à 27,12°C, enquanto na chefia SADT, quase não houve aceitabilidade.

### 5.2.4.3. Sensações e preferências

De acordo com a sensação e preferência térmica dos ocupantes dos ambientes analisados, expostas nas Figuras 83 e 84, o dia de menor desconforto foi 18/02, em que 41,81% votou em sensação de neutralidade térmica. Os demais dias, com destaque nos dois últimos, apresentaram grande parte de desconforto para quente e preferência para mais resfriado.

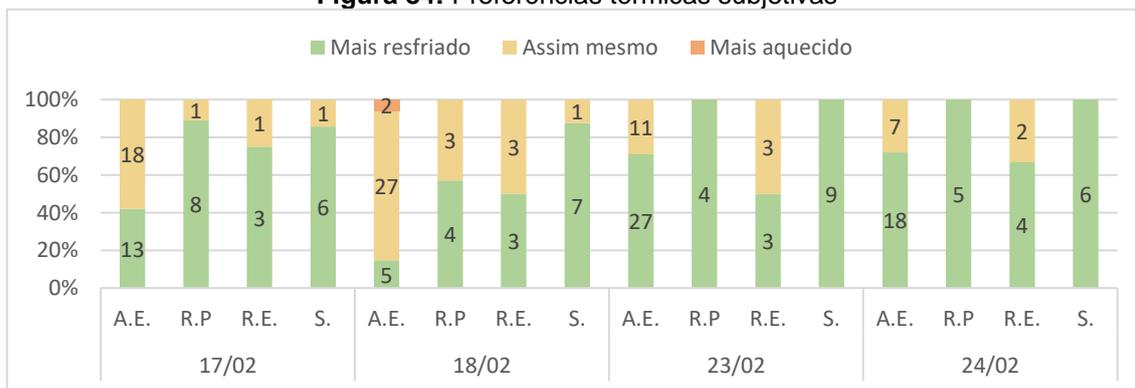
De uma forma geral, os funcionários dos ambientes do SADT foram os que apontaram maior desconforto por calor, representando 89,65%, enquanto os funcionários da recepção de emergência foram os que apontaram menos desconforto por calor, representando 63%.

**Figura 83:** Sensações térmicas subjetivas



Fonte: Autora (2022).

**Figura 84:** Preferências térmicas subjetivas

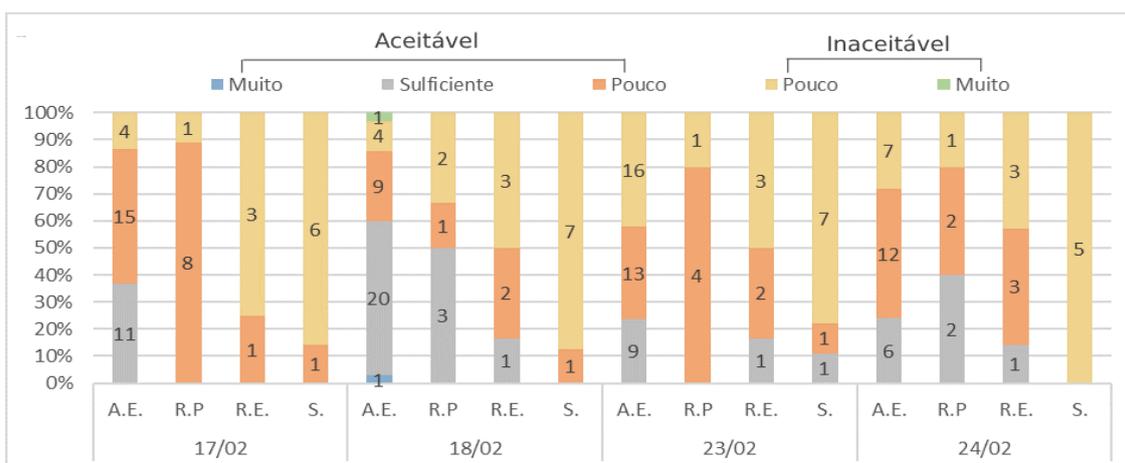


Fonte: Autora (2022).

Comparando os dois gráficos, observa-se também que em alguns casos, principalmente na área de espera, a preferência por “assim mesmo” foi maior que os votos de neutralidade em sensação térmica, enquanto em outros casos, ainda que fosse votado a sensação neutra, a preferência era por um ambiente mais resfriado.

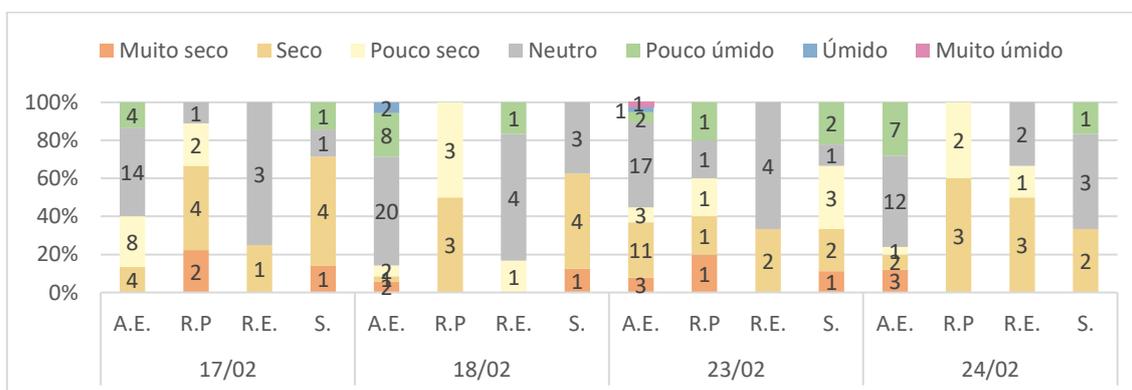
Seguindo a análise, foi também questionado sobre a circulação do ar nos ambientes avaliados e conforme expõe a Figura 85, observa-se que, de forma geral, os votos apontaram majoritariamente para pouco movimento de ar. Proporcionalmente à quantidade de votos, os ambientes do SADT são os que possuem mais insatisfeitos com à movimentação do ar, com 86,20% dos votos para inaceitável-pouco movimento de ar. Por outro lado, a área de espera foi o ambiente com a maior porcentagem de votos para aceitável-suficiente movimento do ar, principalmente no dia 18/02.

**Figura 85:** Sensações em relação ao movimento do ar



Fonte: Autora (2022).

**Figura 86:** Sensações em relação à umidade do ar



Fonte: Autora (2022).

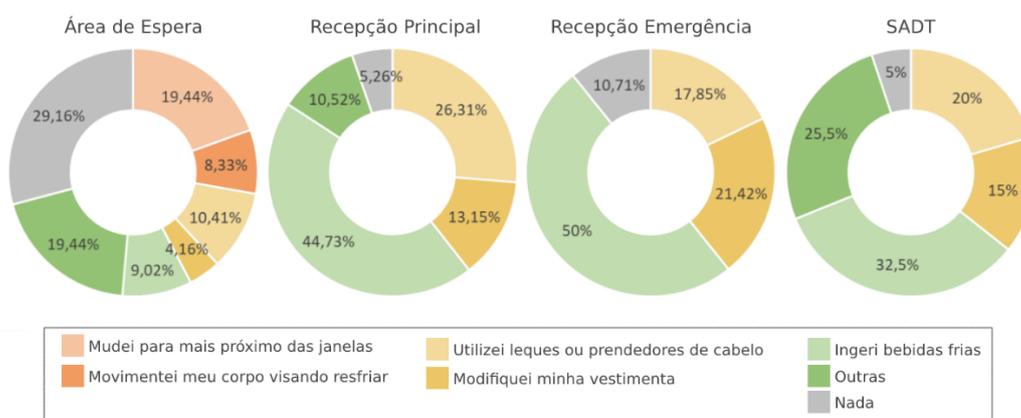
Quanto às sensações em relação à umidade do ar, apresentadas na Figura 86, os votos são bastante variados, expressando a dificuldade na percepção dessa variável pelos usuários. Na área de espera a predominância é para neutro; na recepção principal a predominância é para seco; na recepção de emergência é para neutro e para os ambientes do SADT a predominância é para seco.

### 5.2.5. Uso das oportunidades adaptativas

Foi solicitado no questionário a verificação do uso ou não de ações adaptativas por parte dos entrevistados, conforme expõe a Figura 87. Dos 129 pacientes e visitantes, 67,44% utilizou algum tipo de ação adaptativa para melhora do conforto térmico, sendo “mudei para mais próximo das janelas” a ação mais frequente. Quanto aos funcionários, quase a totalidade declarou utilizar algum tipo de ação adaptativa, prevalecendo a ação “ingeri bebidas frias”. Nesse público, é também muito frequente a utilização de prendedores de cabelo, em vista da alta porcentagem de mulheres, e da modificação na vestimenta nos ambientes do SADT, com a retirada do jaleco quando não necessário.

Para a opção “outros”, foram mencionadas ações como: lavar o rosto, sair do ambiente, ligar o ventilador e abrir a porta da sala para a área de espera, sendo o último exclusivo da chefia SADT. Quanto a opção “nada”, acredita-se que a maior porcentagem entre pacientes e visitantes quando comparada aos funcionários está relacionado ao tempo em que tais ocupantes permanecem nos ambientes.

**Figura 87:** Frequência das ações adaptativas



Fonte: Autora (2022).

Referente às oportunidades adaptativas compreendidas pelas estratégias de condicionamento térmico passivo, algumas questões são pontuadas. Na área de espera, as aberturas não são passíveis de controle, nem mesmo pelos funcionários. Como visto nas alterações do projeto, o manuseio das esquadrias da fachada envidraçada pode resultar em um acidente.

Nessa mesma linha, a maior parte dos funcionários dos ambientes analisados desconhecem o funcionamento dos forros basculantes e das venezianas e demonstram insatisfação e incredulidade em sua eficácia, não os operando, em nenhum momento, conforme relatado por eles.

Nas recepções, não há a presença das venezianas, mas a maioria dos entrevistados afirmou que elas estavam abertas. Já os ambientes do SADT, que possuem venezianas, obtiveram como a maior parte das respostas que elas estavam fechadas ou que não existiam. Quanto aos forros basculantes, em todos os ambientes, foi informado a sua não operação, sendo que nos ambientes do SADT o sistema motorizado está inativo.

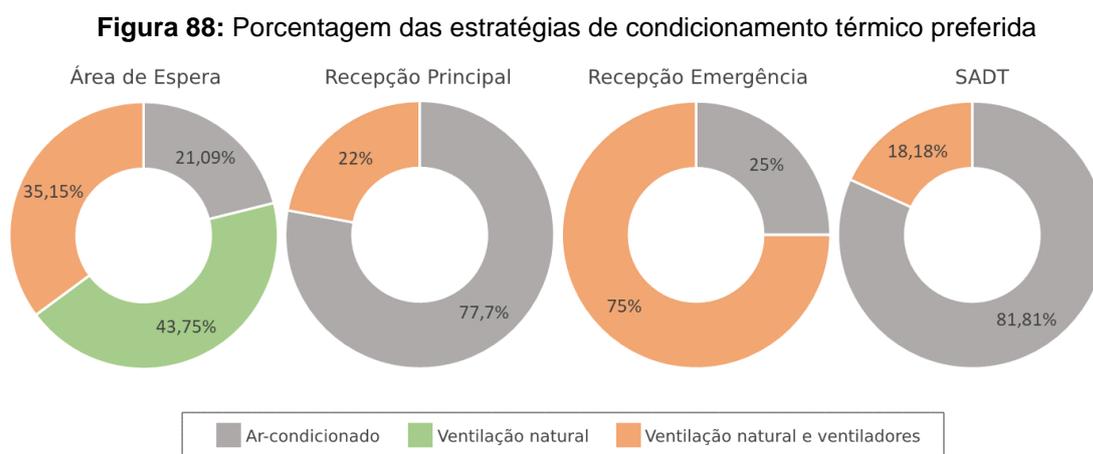
Para os funcionários da recepção, as estratégias de ventilação natural do ambiente não funcionam, e em dias muito quentes não há passagem de ar e o calor fica extremo. Da mesma maneira, os funcionários dos ambientes SADT não acreditam na eficácia das estratégias e alegaram a não adequação da estratégia para fim hospitalar, devido à entrada de poeira com a abertura dos forros. Foi também mencionado que em dias quentes, a sala parece uma sauna, insalubre e sem outro recurso de ventilação, além do desconforto em dias frios.

Para todos eles, a estratégia de ventilação natural sozinha não está sendo suficiente, necessitando do auxílio de ventiladores, conforme sugerem os funcionários da recepção de emergência ou a substituição da ventilação natural por ar-condicionado, opção escolhida pela maioria dos funcionários da recepção principal e dos ambientes do SADT.

Em contrapartida, a opção da ventilação natural, seguida da ventilação natural e ventiladores são as estratégias mais recomendadas pelos pacientes e visitantes, ainda que alguns se queixem da ventilação do ambiente. Para a maioria dos que argumentaram sobre, o problema está em como a ventilação

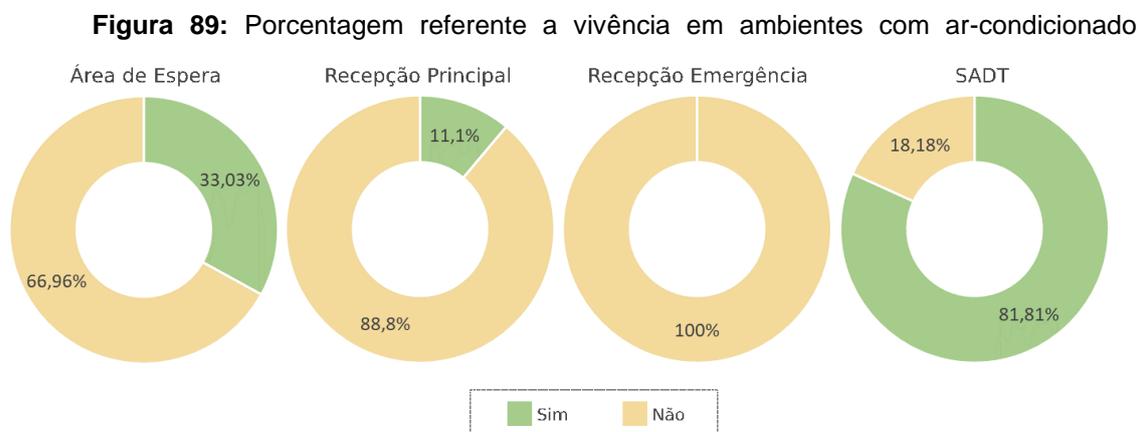
natural está sendo aproveitada, sendo sugerido a aberturas de mais janelas, ou o auxílio de ventiladores, principalmente nos dias mais quentes.

A Figura 88 aponta a sugestão das estratégias de condicionamento térmico preferidas por ambiente, enquanto a Figura 89 aponta a vivência em ambientes com ar-condicionado por parte dos entrevistados. Observa-se que, com exceção da recepção principal, existe uma relação entre a estratégia escolhida e a vivência em ambientes com ar-condicionado.



Fonte: Autora (2022).

Conforme já previsto por estudos, como o de De Vecchi *et al.* (2016), a rotina de exposição a ambientes condicionados natural ou artificialmente é uma variável que pode influenciar no histórico térmico, sendo as pessoas acostumadas com o condicionamento artificial menos flexíveis quanto aos limites de conforto térmico.



Fonte: Autora (2022).

### **5.2.6. Cruzamento das variáveis ambientais e as psico-fisiológicas**

De forma geral, as variáveis ambientais apontaram para a chefia SADT e recepção principal como os piores ambientes em relação às condições térmicas. Durante o período analisado, esses ambientes apresentaram as temperaturas mais elevadas, menores taxas de umidade e velocidades do ar.

Paralelamente à isso, os ocupantes dos ambientes do SADT são os mais insatisfeitos em relação à aceitabilidade, percepções e sensações da temperatura, umidade e movimentação do ar. Possivelmente, esse ambiente se destaca negativamente perante os demais devido à fatores como: Vestimenta dos usuários, que utilizam jaleco; maior quantidade de fontes de calor em proporção ao espaço; e não utilização adequada das estratégias de ventilação natural.

A área de espera, por sua vez, também esteve entre os ambientes com médias de temperaturas mais elevadas nos dias mais quentes, sendo o ambiente mais influenciado pelas condições ambientais externas. Contudo, a taxa de umidade e a velocidade do ar estiveram entre as melhores condições monitoradas.

Nos questionários, a maior aceitabilidade, maior neutralidade em relação aos votos de sensação térmica e maior quantidade de votos para movimentação de ar suficiente também se deu nesse ambiente. Além disso, o ambiente, no geral, foi considerado neutro em relação à umidade. Ou seja, ainda que esse ambiente tenha apresentado altas temperaturas, a percepção dos ocupantes desse ambiente foram as melhores. Nesse sentido, cabe pontuar que os ocupantes desse ambientes estavam vestidos conforme a sua preferência, apresentando, portanto, isolamento de vestimenta inferior aos ambientes ocupados por funcionários.

Além disso, a presença dos jardins e espelhos d'água, bem como as aberturas da fachada envidraçada, ocasionaram maiores taxas de umidade e maiores velocidades do ar, em comparação com os demais ambientes internos, contribuindo para uma melhor sensação térmica dos usuários.

Dentre os ambientes internos ocupados pelos funcionários, a recepção de emergência foi o ambiente que apresentou as melhores condições ambientais,

coincidindo com os questionários em relação à sensação térmica, que obteve a menor porcentagem de desconforto por calor. Contudo, a aceitabilidade térmica é baixa e a maior parte da quantidade de votos se deu para pouca movimentação de ar.

Nesse ambiente, não foram realizadas as medições da velocidade do ar, portanto, uma hipótese para justificar as melhores condições térmicas em relação à recepção principal, que está localizada voltada para a mesma fachada, seria que no ponto em que a recepção de emergência se encontra a velocidade do ar apresente maiores velocidades, com menos obstrução externa, fazendo com que a temperatura efetiva seja reduzida. Além disso, este ambiente não é totalmente fechado, tendo acesso sem vedações para o corredor principal do hospital, que tem seus forros basculantes e venezianas todos abertos constantemente e por conseguinte, é bem ventilado.

Em relação ao subsolo técnico, embora esteja entre os ambientes de melhor condição térmica dentre a amostra pesquisada, não obteve os dados de monitoramento esperados, colocando em dúvida a eficiência do sistema, cuja a principal função é a captação do ar para a ventilação natural. Essa ineficiência acaba por comprometer e influenciar a ventilação natural pensada nos ambientes internos, o que contribuí, como um dos fatores, para o desconforto dos ocupantes dos ambientes internos.

No período analisado, observou-se que nos dias mais quentes, característicos de verão, os ambientes estiveram fora da zona de conforto estabelecida pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55. Além disso, a velocidade do ar, em todos os ambientes, é praticamente inexistente, pois apresentam médias inferiores a 0,25m/s. Cabe destacar que nesses dias, a ventilação natural externa não esteve favorável o tempo todo, chegando à 0m/s em alguns momentos.

Desta forma, é evidente através dos dados de monitoramento obtidos, que o sistema de condicionamento térmico passivo não está funcionando como esperado, contudo, como visto no uso das oportunidades adaptativas, as estratégias de ventilação natural não estão sendo utilizadas apropriadamente e a questão que se levanta é se os resultados seriam diferentes se os forros basculantes e venezianas estivessem sendo operados.

Cestavo (2021), analisou as temperaturas das enfermarias do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, por meio de simulações, comparando o ambiente com o forro aberto e fechado. Seus resultados mostraram que as concentrações de dióxido de carbono eram sempre mais elevadas na situação em que o forro estava fechado. Além disso, as temperaturas foram mais elevadas quando os forros estavam abertos. Contudo, ainda assim, tiveram momentos em que a temperatura esteve acima do recomendado pela NBR 16401 (ABNT, 2008), sendo necessário o uso da ventilação híbrida.

No projeto desse hospital, a última unidade da rede, Lelé incorporou a ventilação natural, para dias com grande incidência de ventos; a mecânica ou forçada, para os dias sem vento; e a climatizada por ar-condicionado, para os dias de extremo calor e também para os setores nos quais é imprescindível o seu uso.

É certo que nem sempre é possível alcançar o conforto apenas com técnicas passivas, devido às variáveis climáticas, sendo necessário o auxílio conjunto da ventilação mecânica e artificial para garantir o conforto e principalmente, a qualidade interna do ar.

Nesses casos, é necessário que os aparelhos de ar condicionados além de controle da temperatura e umidade, sejam providos da função de troca do ar interno com o externo. Pois, com a falta de renovação do ar, a concentração de poluentes no ar será uma ameaça.



# CONSIDERAÇÕES FINAIS



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

O presente trabalho teve como objetivo analisar à nível projetual como as estratégias de condicionamento térmico passivo do Hospital Universitário da UFSCar foram pensadas e como estão funcionando atualmente, levando em consideração seu impacto nas questões de conforto térmico.

Diante dos resultados da pesquisa realizada observou-se que não é possível afirmar que todas as soluções de conforto propostas por Lelé possuem um funcionamento totalmente satisfatório, porém, é estimável sua iniciativa em buscar soluções de conforto ambiental e eficiência energética, em um contexto onde tais conceitos são frequentemente ignorados. Sendo assim, é extremamente válido extrair aprendizado de suas experiências e projetos para os hospitais atuais e do futuro.

É notável a preocupação e cuidado do arquiteto Lelé nos hospitais da Rede Sarah, e o mesmo ocorre, no Hospital Universitário também. Este é um hospital que se destaca, quando comparado com outros hospitais da rede pública e que possui uma série de estratégias ambientais, que lhe conferem de primeira instância um ambiente humanizado.

A Rede Sarah possui desde as estratégias mais simples, até as mais elaboradas, como os sheds, marca registrada do arquiteto. Contudo, a questão e reflexão levantada no caso do HU-UFSCar, um edifício público, é que muitas vezes, o mais sensato consiste em trabalhar com estratégias simplificadas, porém, bem pensadas e funcionais para a respectiva realidade, do que com soluções diferenciadas e complexas, que demandem uma manutenção muito significativa e um custo muito alto, que com o tempo irão gerar uma série de problemas e/ou serão substituídos por outras soluções que serão piores, do que se fossem usadas soluções mais simples.

Tanto a implantação, como o sistema construtivo sofreram alterações do projeto original, decorrentes das mudanças de necessidades do hospital e inviabilização de mercado, respectivamente. Além disso, o sistema passivo de

condicionamento térmico também foi descaracterizado, afetando o conforto térmico de seus ocupantes.

Originalmente, no HU-UFSCar, a opção mecanizada se dava apenas onde havia necessidade de controle das variáveis ambientais, sendo priorizada a ventilação e iluminação natural em todo o resto do projeto. Contudo, conforme as alterações relatadas, esse sistema vem sendo descaracterizado, com a substituição parcial ou completa pelos aparelhos de ar-condicionado.

Para isso, acredita-se que os fatores que podem ser apontados como motivadores dessa situação são: falta de relação entre os usuários e as estratégias de conforto térmico, estratégias complexas e dificuldade em sua manutenção, exigências da ANVISA, a não compatibilização das estratégias com o contexto de São Carlos, entraves e delonga na trajetória do hospital, questões políticas, o não acompanhamento do CTRS e do Lelé (embora os escritórios estiveram em contato constante com o arquiteto), e a não finalização do hospital por completo, que faz uso do espaço diferente do pensado.

Os resultados das medições *in loco* e questionários mostraram que todos ambientes analisados excederam o limite superior de conforto no período analisado, sendo, de modo geral, os votos de aceitabilidade mais flexíveis do que os limites de aceitabilidade do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017).

Dentre todos os ambientes, o que mais chamou atenção foi o subsolo técnico, onde era esperado o registro das melhores condições térmicas, mas que não atendeu a tal expectativa, colocando em dúvida a eficiência de todo o sistema de condicionamento térmico passivo do hospital. Além disso, a não operação dos forros basculantes por parte dos funcionários contribuiu para a ventilação ser praticamente inexistente em todos os ambientes analisados.

Embora tenha apresentado temperaturas mais altas do que todos os ambientes, a área de espera obteve as maiores taxas de umidade e velocidade do ar, resultando no ambiente de maior aceitabilidade, que deixou evidente a influência do sistema evaporativo e movimentação do ar para amenizar as altas temperaturas ou a percepção delas. Além disso, fora as variáveis ambientais, as

preferências e hábitos dos ocupantes tiveram significativa influência na aceitabilidade térmica, destacando a vivência em ambientes climatizados, que reduz a faixa de conforto em ambientes naturalmente ventilados.

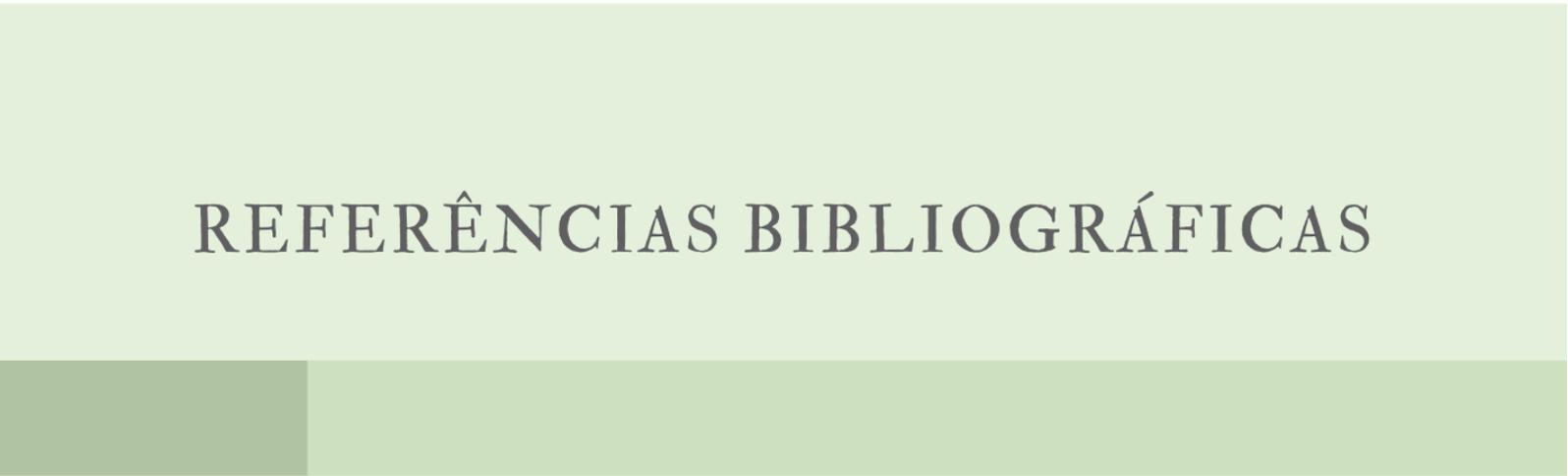
Na situação atual do hospital e considerando o clima imprevisível e variável de São Carlos, acredita-se que um sistema híbrido de condicionamento térmico, conforme proposto por Lelé no Hospital Sarah do Rio de Janeiro, possa suprir o conforto térmico para as várias situações de clima externo, e ainda gerar uma economia de energia, quando comparado à utilização unicamente do condicionamento térmico artificial. Ainda assim, é necessário que os funcionários compreendam melhor como usar as estratégias e que a manutenção dos forros seja resolvida.

Por fim, se atentando à realidade em que estamos vivendo, de pandemia, deve-se considerar que a arquitetura hospitalar não será a mesma após o COVID-19, sendo preciso repensar a atenção que é dada à saúde e às estratégias necessárias para serem aplicadas nos projetos. Esta é uma arquitetura diretamente ligadas à saúde e ao bem-estar, no qual a ventilação deve, além de proporcionar conforto térmico, garantir a renovação de ar adequada para evitar contaminações por fungos, bactérias e vírus.

## 5.2. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscando um aprofundamento dessa pesquisa, sugere-se que sejam realizadas medições *in loco* durante períodos mais longos, retratando diferentes estações. Além disso, tem-se como proposta a análise do desempenho térmico do edifício, trazendo de forma quantitativa a economia de energia com a utilização da ventilação natural. É recomendado que essa análise faça comparações do consumo energético obtido pelo hospital no decorrer das mudanças realizadas referentes ao condicionamento térmico.

Outro aspecto importante a ser abordado em trabalhos futuros, que complementa a função de conforto térmico da ventilação natural, consiste na análise da qualidade interna do ar, referente à renovação do ar, presença de contaminantes, entre outras questões, que poderão agregar na proteção de infecções transmitidas pelo ar.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.256**: Tratamento de ar em unidades médico-assistenciais: procedimento. Rio de Janeiro, 2005, 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401 instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

ALLARD, F. **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: James & James, 356p. 1998.

ALLOCCA, C.; CHEN, Q.; GLICKSMAN, L.R. Design analysis of single-sided natural ventilation. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 8, p. 785-795, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00239-6](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00239-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802002396>. Acesso em: 20 set. 2021.

ANVISA, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Conforto Ambiental em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde**. Brasília, 2014.

ANVISA. **Resolução - RDC n. 50 de 21/02/2002**. Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, 2002.

ANVISA. **Resolução n.º 9**, de 16 de janeiro de 2003. Dispõe sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. Brasília, 2003.

ANVISA. **Segurança do paciente em serviços de saúde – Limpeza e desinfecção de superfícies**. Brasília, 2012.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 62.1** - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta, 2007.

ASHRAE. **ASHRAE Standard 170**. Atlanta, 2013.

ASHRAE. **ANSI/ASHRAE 55-2017**: Thermal Environment Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc., Atlanta, 2017.

BAKER, N.V. Adaptive thermal comfort standards for building refurbishment. **Revival Technical Monograph 2**, 2009.

BARBOSA, R.V.R. **Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP)**: análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio de verão. Tese (Doutorado em

Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

BARROSO-KRAUSE, C. *et al.* **Manual de prédios eficientes em energia elétrica.** In: BARROSO-KRAUSE, C.; MAIA, J. I. P. (Coord.). Rio de Janeiro: Ibam/Eletronbras/Procel, 2004. 225 p.

BITENCOURT, F. A sustentabilidade em ambientes de serviços de saúde: Um componente de utopia ou de sobrevivência? In: CARVALHO, A. P. A. (Org.). **Quem tem medo de arquitetura hospitalar?** Salvador: Quarteto Editora, 2006. p. 13-48.

BITENCOURT, F.; COSTEIRA, E. **Arquitetura e Engenharia Hospitalar: Planejamento, projetos e perspectivas.** 1. ed. Rio De Janeiro: Rio books, 2014.

BITTENCOURT, L.S.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural.** Maceió: EDUFAL, 2006.

BRAGER, G.S.; PALIAGA, G.; DEAR, R. DE. **Operable Windows, Personal Control and Occupant Comfort.** ASHRAE Transactions, v. 110, p. 1–20, jan. 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/280014860\\_Operable\\_windows\\_personal\\_control\\_and\\_occupant\\_comfort](https://www.researchgate.net/publication/280014860_Operable_windows_personal_control_and_occupant_comfort). Acesso em: 15 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação, Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, Instituto Sírio Libanês de Ensino e Pesquisa. **Plano Diretor Estratégico 2017-2018 do Hospital Universitário da Universidade Federal de São Carlos: desafios e oportunidades.** São Paulo, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Hospitais universitários.** Brasília. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=512&id=12267&option=com\\_content&view=article](http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=512&id=12267&option=com_content&view=article)>. Acesso em: 17 ago. 2020.

CAMOUS, R.; WATSON, D. **El habitat bioclimatico: de la concepción a la construcción.** México: Gustavo Gili, 1986.

CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R.; LAMBERTS, R. Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate. **Building and Environment**, v. 46, n. 2, p. 379–385, fev. 2011. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.07.032. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223949452\\_Combined\\_thermal\\_acceptability\\_and\\_air\\_movement\\_assessments\\_in\\_a\\_hot\\_humid\\_climate](https://www.researchgate.net/publication/223949452_Combined_thermal_acceptability_and_air_movement_assessments_in_a_hot_humid_climate). Acesso em: 20 set. 2021.

CARVALHO, A.P.A. DE. **Temas de arquitetura de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde.** 2 ed. ed. Salvador: UFBA/FAU/ISC, 2003.

CESTAVO, R.L. **A qualidade do ambiente interno em áreas hospitalares: um estudo sobre o conforto, a ventilação e a renovação do ar.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021.

CHEN, C.; ZHAO, B. Makeshift hospitals for COVID-19 patients: where health-care workers and patients need sufficient ventilation for more protection. **The Journal of Hospital Infection**, v. 105, n. 1, p. 98-99, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.03.008>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32169615/>. Acesso em: 21 set. 2021.

CIACO, R.J.A.S. **A arquitetura no processo de humanização dos ambientes hospitalares.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental.** 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 308 p. ISBN 978-85-7106-397-6.

COTTA, J.P.O. **Estratégias de ventilação natural para edifícios de escritório em São Paulo com ênfase no desempenho de átrios.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2021.

DANCER, S.J.; CORMACK, K.; LOH, M.; COULOMBE, C.; THOMAS, L.; PRAVINKUMAR, S.J.; KASENGELE, K.; KING, M.F.; KEANEY, J. Healthcare-acquired clusters of COVID-19 across multiple wards in a Scottish health board. **Journal of Hospital Infection**, v.120, p.23-30, fev. 2022. DOI: 10.1016/j.jhin.2021.11.019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34863874/>. Acesso em: 22 set. 2021.

DANTAS, C.M. **Avaliação térmica de habitações unifamiliares do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2015.

DE DEAR, R.; BRAGER, G.S.; COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: Final Report on ASHRAE RP - 884.** Sydney: MRL, 1997.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. Thermal Adaptation in the Built Environment: a Literature Review. **Energy and Buildings**, v.27, n.1, p.83– 96, fev. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778897000534>. Acesso em: 22 set. 2021.

DE DEAR, R.J.; BRAGER, G.S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 549–561, jul. 2002. DOI: 10.1016/S0378-7788(02)00005-1. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/222649484\\_Thermal\\_comfort\\_in\\_naturally\\_ventilated\\_buildings\\_Revisions\\_to\\_ASHRAE\\_Standard\\_55](https://www.researchgate.net/publication/222649484_Thermal_comfort_in_naturally_ventilated_buildings_Revisions_to_ASHRAE_Standard_55). Acesso em: 23 set. 2020.

DE VECCHI, R. **Condições de conforto térmico e aceitabilidade da velocidade do ar em salas de aula com ventiladores de teto para o clima de Florianópolis/SC.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

De VECCHI, R.; CÂNDIDO, C.M.; LAMBERTS, R. Thermal history and comfort in a Brazilian subtropical climate: a 'cool' addiction hypothesis. **Ambiente Construído**, v.16, n.1, jan.-mar. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000100057>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/yf5cywpyfz3VyMsCJtmJbJc/?lang=en>. Acesso em: 15 ago. 2020.

DORNELLES, K.A. Effect of Aging on Solar Reflectance of White Cool Roof Coatings: Natural Weathering and the Influence on Building Energy Needs for Different Climate Conditions in Brazil. **Journal of Architectural Environment & Structural Engineering Research**, v.4, n.2, abr. 2021. DOI: 10.30564/jaenser.v4i2.2812. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351154310\\_Effect\\_of\\_Aging\\_on\\_Solar\\_Reflectance\\_of\\_White\\_Cool\\_Roof\\_Coatings\\_Natural\\_Weathering\\_and\\_the\\_Influence\\_on\\_B](https://www.researchgate.net/publication/351154310_Effect_of_Aging_on_Solar_Reflectance_of_White_Cool_Roof_Coatings_Natural_Weathering_and_the_Influence_on_B)

uilding\_Energy\_Needs\_for\_Different\_Climate\_Conditions\_in\_Brazil. Acesso em: 05 dez. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE SERVIÇOS HOSPITALARES – EBSEH. **Sobre os Hospitais Universitários Federais**. Hospitais Universitários, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/sobre-os-hospitais-universitarios-federais>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

EBSEH. **HU-UFSCar lança Campanha para diminuição do consumo de energia no hospital**. Notícias, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ebserh/pt-br/hospitais-universitarios/regiao-sudeste/hu-ufscar/comunicacao/noticias/hu-ufscar-lanca-campanha-para-diminuicao-do-consumo-de-energia-no-hospital>>. Acesso em: 07 jul. 2022.

ELETOBRAS; PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL; CONSÓRCIO ECOLUZ/PUC-RIO. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso** – Ano Base 2005 – Classe Comercial Alta Tensão – Relatório Brasil. Rio de Janeiro: Gráfica da Eletrobras - DAAG, 2008, 95p.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2020**. Rio de Janeiro. 2020

ESCOMBE, A.R.; TICONA, E.; PÉREZ, V.C.; ESPINOZA, M.; MOORE, D.A.J. Improving natural ventilation in hospital waiting and consulting rooms to reduce nosocomial tuberculosis transmission risk in a low resource setting. **BMC Infectious Diseases**, v. 25, n.19, p.88, jan. 2019. DOI: 10.1186/s12879-019-3717-9. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30683052/>. Acesso em: 20 set. 2021.

EVANS, M; SCHILLER, S. **Diseño bioambiental y arquitectura solar. Buenos Aires:** Secretaría de Extensión Universitaria de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, 1994.

FANGER, P.O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: R.E. Krieger Pub. Co, 1970.

FANGER, P.O.; TOFTUM, J. **Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates**. Energy and Buildings, v. 34, n.6, p.533-536, jul. 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00003-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802000038>. Acesso em 23 set. 2021.

FERREIRA, M.P.T. **Avaliação do conforto térmico com base em critérios normativos em apartamentos representativos do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

FIGUEIREDO, C. M.; FROTA, A; B. **Ventilação Natural para Conforto Térmico em Edifícios de Escritórios – Avaliação com Modelos Adaptativos**. Nutau (Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo) FAUUSP, 2008.

FREIXANET, V.A.F.; VIQUEIRA, M.R. **Ventilación Natural: Cálculos Básicos para Arquitectura**. 1º ed. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.

FROTA, A.B. **Ventilação Natural**. São Paulo. 2000. 74p (apostila de aula)

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FORCADA, N., GANGOLELLS, M., CASALS, M., TEJEDOR, B., MACARULLA, M., GASPAS, K. Filed study on adaptive thermal comfort models for nursing homes in the Mediterranean climate. **Energy and Buildings**, v. 252, n. 111475, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111475>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821007593>. Acesso em: 22 jan. 2022.

FONSECA, A., ABREU, I., GUERREIRO, M.J., BARROS, N. Indoor Air Quality in Healthcare Units-A Systematic Literature Review Focusing Recent Research. **Sustainability**, v.14, n. 2, p.967, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14020967>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/357838888\\_Indoor\\_Air\\_Quality\\_in\\_Healthcare\\_Units-A\\_Systematic\\_Literature\\_Review\\_Focusing\\_Recent\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/357838888_Indoor_Air_Quality_in_Healthcare_Units-A_Systematic_Literature_Review_Focusing_Recent_Research). Acesso em: 10 mar. 2022.

FUGAZZA, K.S., GOBBI, M. E., SANTOS, M. Strategies of natural ventilation for hospitals: A comparative study between hospitals in the city of Rio de Janeiro and the Brazilian standard of thermal performance. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 609, n. 042049, 10<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservations in Buildings, Oct. 2019.

GILKESON, C.A.; CAMARGO-VALERO, M.A.; PICKIN, L.E.; NOAKES, C.J. Measurement of ventilation and airborne infection risk in large naturally ventilated hospital wards. **Building and Environment**, v.65, p.35-48, jul. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.03.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132313000851>. Acesso em: 20 set. 2021.

GIVONI, B. Man, climate and architecture. 2 ed. London: **Applied Science Publishers**, p.483, 1976.

GOBBI, M.E.; SANTOS, M.; ROLA, S. **Qualidade do ar e ventilação natural no ambiente hospitalar-o exemplo do edifício Sarah Kubitschek no Rio de Janeiro**. 2019.

HEINEN, R. **Plantas de escritório melhoram a qualidade do ar e equilibram a umidade**. São Paulo: Office, n 48, p 32-36, 1998.

HUMPHREYS, M. A. Field Studies of Thermal Comfort Compared and Applied. **Building Services Engineer**, Watfort, v.7, n.4, p.230, dez. 1976. DOI:10.1016/0003-6870(76)90104-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0003687076901046?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jun. 2019.

HUMPHREYS, M.A.; NICOL J.F. **Understanding the adaptive approach to thermal comfort**. ASHRAE Transactions, v.104, p. 91-104, jan. 1998.

HUMPHREYS, M.A.. NICOL, J.F. The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. **Energy and Buildings**, v.34, p.667-684, jul. 2002. DOI:10.1016/S0378-7788(02)00018-X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037877880200018X>. Acesso em: 01. mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Boletim mensal de dezembro 2010**. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO\\_MENSAL\\_2010\\_12.pdf](http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_MENSAL_2010_12.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2019.

INMET. **Tabela de Dados das Estações de Fevereiro para São Carlos/SP**. Disponível em:

<<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/83726?fbclid=IwAR1mTYVshGarlaNchCka3EKIDndhmRkPwl2dPEFznaQLLvGYKCCZFolkdoM>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. 2 ed. Geneve, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for the thermal comfort. Suíça, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996** - Ergonomics of the Thermal Environment, Determination of metabolic rate. ISO, Genève, Switzerland 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO-DIS 10551**. Ergonomics of the thermal environment: Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales. Geneva: International Organization for Standardization. 1995

JIANG, S.; HUANG, L.; CHEN, X. *et al.* Ventilation of wards and nosocomial outbreak of severe acute respiratory syndrome among healthcare workers. **Chinese Medical Journal**, v.116, n.9, set. 2003. [https://www.healthdesign.org/sites/default/files/article-pdfs/Jiang\\_Huang\\_Chen\\_Wang\\_Wu\\_Yin\\_Chen-2003-chd-kps.pdf](https://www.healthdesign.org/sites/default/files/article-pdfs/Jiang_Huang_Chen_Wang_Wu_Yin_Chen-2003-chd-kps.pdf)

JULFIKAR, A.; ANTONY, K.B.; HARNOOR, K.C.; KRITIKA, A. Evaluation of Architectural Design Features in Achieving Sustainability in Hospital Projects. **ECS Transactions**, 107, 9453, 2022. <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/10701.9453ecst>

KAPLAN, R.; KAPLAN, S. **The experience of nature**: A psychological perspective. Cambridge University Press, Cambridge, UK. p. 340, 1989.

KRSTIC-FURUNDZIC, A.; KOSIC, T. Assessment of energy and environmental performance of office buildings models: A case study. **Energy and Buildings**, v. 115, p.11-22, jun. 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.050. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279520384\\_Assessment\\_of\\_energy\\_and\\_environmental\\_performance\\_of\\_office\\_building\\_models\\_A\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/279520384_Assessment_of_energy_and_environmental_performance_of_office_building_models_A_case_study). Acesso em: 10 dez. 2020.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3a edição. ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A.L.; CARLO, J.C.; BATISTA, J.O.; MARINOSKI, D.L.; NARANJO, A. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia da UFSC, 2016. 196 p. Apostila da Disciplina Desempenho térmico de Edificações. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

LATORRACA, G.(1999). **João Filgueiras Lima, Lelé**. Lisboa: Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P. M. Bardi.

LI, C.; TANG, H. Study on ventilation rates and assessment of infection risks of COVID-19 in an outpatient building. **Journal of Building Engineering**, v.42, n.103090, ago. 2021. DOI: 10.1016/j.jobe.2021.103090. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/353800377\\_Study\\_on\\_ventilation\\_rates\\_and\\_assessment\\_of\\_infection\\_risks\\_of\\_COVID-19\\_in\\_an\\_outpatient\\_building](https://www.researchgate.net/publication/353800377_Study_on_ventilation_rates_and_assessment_of_infection_risks_of_COVID-19_in_an_outpatient_building). Acesso em: 16 out. 2021.

LIMA, J.F. **Muito além da máquina de curar**. Projeto Design, São Paulo, n.187, p.78, jul. 1995.

LIMA, J.F. **CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah**. Brasília: SarahLetras, São Paulo, 1999.

LIMA, J.F. João Filgueiras Lima – Lelé : entrevista [jun. 2007]. Entrevistador: Reginaldo Ronconi e Denise Duarte. **Revista do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP**, São Paulo, n. 21, p. 10-23, jun. 2007.

LIMA, J.F. **Arquitetura: uma experiência na área da saúde**. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2012.

LU, J.; GU, J.; LI, K. *et al.* COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. **Emerging Infectious Diseases**.v. 26, n.7, p.1628-1631, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2607.200764>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32240078/>. Acesso em: 10 out. 2020.

LUKIANCHUKI, M.A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

LUKIANCHUKI, M.A. **Sheds extratores e captadores de ar para indução da ventilação natural em edificações**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

LUKIANCHUKI, M.A., CARAM, R.M. **Análise do conforto térmico na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**: hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, 2014.

LUKIANCHUKI, M.A., CARAM, R.M., LABAKI, L.C. Arquitetura bioclimática e a obra de João Filgueiras Lima (Lelé). *In*: KOWALTOWSKI, D.C.; MOREIRA, D.C.; PETRECHE, J.R.D.; FABRÍCIO, M.M. (Org.). **O processo de projeto em arquitetura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LUKIANCHUKI, M.A.; PRADO, M.F.A.; CARAM, R.M. (2010). **Análise de conforto térmico para o período de inverno no hospital escola de São Carlos**. *In*: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais... Canela,2010.

MA, L.; ZHENG, X.; GUO, Y.; ZHONG, W.; ZHANG, Y.; QIAN, H. A multi-zone spatial flow impact factor model for evaluating and layout optimization of infection risk in a Fangcang shelter hospital. **Building and Environment**, v. 214, n. 108931, abr. 2022. DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.108931. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132322001755>. Acesso em: 20 jun. 2022.

MENDELL, M.J. *et al.* Elevated Symptom Prevalence Associated with Ventilation Type in Office Building. **Epidemiology**, v.7, n.6, p.583-589, nov. 1996. DOI: 10.1097/00001648-199611000-00004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8899383/>. Acesso em: 10 out. 2019.

MONTEIRO, L.M. Arquitetura da adaptação: conforto ambiental e as possibilidades do modelo adaptativo. Gonçalves, J. C. S.; Bode, K. Orgs. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

MORAWSKA, L., JOHNSON, G., RISTOVSKI, Z., HARGREAVES, M., MENGERSEN, K., CORBETT, S., *et al.* Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. **Journal of Aerosol Science**, v. 40, n.3, p.256–269, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2008.11.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021850208002036>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MORAWSKA, L.; MILTON, D.K. It is time to address airborne transmission of COVID-19. **Clinical Infectious Diseases**, v.71, n.9, nov. 2020. DOI: 10.1093/cid/ciaa939. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32628269/>. Acesso em: 05 fev. 2021.

MORAWSKA, L. *et al.* How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? **Environment International**, v.142, n.105832, set. 2020. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105832. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32521345/>. Acesso em: 05 fev. 2021.

NEMATCHOUA, M.K.; YVON, A.; KALAMEU, O.; ASADI, S.; CHOUDHARY, R.; REITER, S. Impact of climate change on demands for heating and cooling energy in hospitals: An in-depth case study of six islands located in the Indian Ocean region. **Sustainable Cities and Society**, v. 44, p. 629-645, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718318389>. Acesso em: 10 mar. 2020.

NEVES, L.O. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severino Porto**: Estratégias de ventilação natural. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

NICOL, J.F.; HUMPHREYS, M.A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 563–572, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778802000063>. Acesso em: 10 nov. 2019.

NICOL, J.F.; PAGLIANO, L. **Allowing for thermal comfort in free-run buildings in the new european standard EN 15251**. In: 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, September 2007, Crete island, Greece. Anais... p. 708-711. Grécia, 2007.

OLGYAY, V. **Arquitectura y Clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002.

OMS, ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings**. Switzerland, 2009.

OMS, ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19**. Geneva, 2021.

PAOLINI, R.; ZINZI, M.; POLI, T.; CARNIELO, E.; MAININI, A.G. Effect of ageing on solar spectral reflectance of roofing membranes: Natural exposure in Roma and Milano and the impact on the energy needs of commercial buildings. **Energy and Buildings**, v. 84, p.333-343, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.08.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778814006501>. Acesso em: 10 fev. 2020.

PEREIRA, D.V. **Industrialização das construções complexas**: estudo de obras hospitalares. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2012.

PERÉN, J.I.M. **Ventilação e Iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PIRES, M.O. **Conforto térmico em ambientes de escritórios naturalmente ventilados**: pesquisa de campo na cidade de Florianópolis por meio da abordagem adaptativa. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Univerdidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

PRADO, M.F.A. ; LUKIANTCHUKI, M.A. ; CARAM, R.M. . **Estratégias Passivas de Conforto Térmico**: o caso do Hospital Escola de São Carlos - SP. *In*: XI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído VII ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios - Rio de Janeiro. XI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído VII ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2011.

PRAJONGSAN, P.; SHARPLES, S. Enhancing natural ventilation, thermal comfort and energy savings in high-rise residential buildings in Bangkok through the use of ventilation shafts. **Building and Environment**, v. 50, p. 104–113, abr 2012. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.10.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132311003696>. Acesso em: 10 out. 2020.

PROJETEEE. **Dados climáticos – São Carlos/SP**. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=SP+-+São+Carlos&id\\_cidade=bra\\_sp\\_sao.carlos.868450\\_inmet](http://www.mme.gov.br/projeteee/dados-climaticos/?cidade=SP+-+São+Carlos&id_cidade=bra_sp_sao.carlos.868450_inmet). Acesso em: 25 set. 2021.

QIAN, H.; LI, Y.; SETO, W.H.; CHING, P.; CHING, W.H.; SUN, H.Q. Natural ventilation for reducing airborne infection in hospitals. **Building and Environment**, v. 45, n.3, p. 559-565, mar. 2010. DOI: 10.1016/j.buildenv.2009.07.011. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7115780/>. Acesso em: 10 out. 2020.

QIAN, H.; ZHENG, X. Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings. **Journal of Thoracic Disease**. v. 10, n. 19, jul. 2018. DOI: 10.21037/jtd.2018.01.24. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6072925/>. Acesso em: 05 mar. 2020.

QUADROS, B.M. **Ventilação natural para o conforto térmico e renovação do ar em ambientes de internação hospitalar**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

QUADROS, B.M., MIZGIER, M. O. Conforto térmico em ambientes de internação hospitalar naturalmente ventilados. **Ambiente Construído**, v. 20, p.113-134, jun. 2020. DOI: 10.1590/s1678-86212020000200391. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/rMByqxdcdvQvhJPKpzXgw4Q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 20 nov. 2020.

RAHMAN, N.M.A., HAW, L.C., FAZLIZAN, A. A literature review of naturally ventilated public hospital wards in tropical climate countries for thermal comfort and energy saving improvements. **Energies**, v. 14, n. 435, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14020435>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/2/435>. Acesso em: 20 mar. 2021.

RAHMAN, N.M.A., HAW, L.C., FAZLIZAN, A., HUSSIN, A., IMRAN, M.S. Thermal comfort assessment of naturally ventilated public hospital wards in the tropics. **Building and Environment**, v. 207, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108480>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321008763>. Acesso em: 10 mar. 2022.

RAMPAZZO, C. R.; NETO, J. L. S. Episódio do clima urbano em São Carlos/SP em situação sazonal de outono em 2014: modelagem da ilha de calor urbana. **Entre Lugar**. v. 10, n.19, p. 133-150, 2019. DOI: 10.30612/el.v10i19.10007. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/10007>. Acesso em: 05 fev. 2020.

REDE SARAH DE HOSPITAIS DE REABILITAÇÃO. **Relatório Sarah 2019 – Síntese das principais atividades**. Disponível em: <https://www.sarah.br/media/4058/20200106-relatorio-anual-2019-web.pdf>. Acesso em: 17 ago. de 2020.

REMUZZI, A.; REMUZZI, G. COVID-19 and Italy: what next? **The Lancet**, v. 395, n. 10231, p.1225-1228, mar. 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30627-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30627-9). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339923506\\_COVID-19\\_and\\_Italy\\_what\\_next](https://www.researchgate.net/publication/339923506_COVID-19_and_Italy_what_next). Acesso em: 18 ago. 2020.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. Porto Alegre: DC Luzzatto/ Ed.da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.

ROMÉRO, T. **Choque Térmico**. Agência FAPESP – 28/06/2006 (Mala direta eletrônica) <https://agencia.fapesp.br/choque-termico/5692/>

RORIZ, M. **Uma proposta de revisão do Zoneamento Bioclimática Brasileiro**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. 2012. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/projetos/proposta-de-revisao-do-zoneamento-bioclimatico-brasileiro>. Acesso em: 03 mar. de 2020.

SICHERI, E.P., CARAM, R., SANTOS, J.P. **Vidro na Construção Civil**. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais. IBRACON, São Paulo, 2007.

SILVA, A.H.P. **Eficiência energética em edifícios assistenciais de saúde e o uso dos projetos de referência para unidades de pronto atendimento.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

SHORT, C.A.; AL-MAIYAH, S. Design strategy for low-energy ventilation and cooling of hospitals. **Building Research & Information**, V. 37, N. 3, p.264-292, mai 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/09613210902885156>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210902885156?journalCode=rabri2>. Acesso em: 05 out. 2020.

TANG, J.W.; BAHNFLETH, W.P.; BLUYSSSEN, P.M.; BUONANNO, G.; JIMENEZ, J.L. *et al.* Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-1 (SARS-CoV-2). **Journal of Hospital Infection**, vol. 110, p.89-96, abr. 2021. DOI: 10.1016/j.jhin.2020.12.022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33453351/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

TINNER, M.; CROVELLA, P.; ROSENBAUM, P.F. Perceived important of wellness features at a cancer center: patient and staff perspectives. **HERD**, V. 11, N. 3, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/1937586718758446>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1937586718758446>. Acesso em: 20 out. 2020.

TOLEDO, E. **Ventilação Natural das habitações.** Coordenação da publicação brasileira por Alexandre Toledo. Maceió: EDUFAL, 1999.

TOLEDO, L.C. **Após a pandemia a arquitetura hospitalar não será mais a mesma.** CAU/RJ, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 1, jun. 2020. Disponível em: <https://www.caurj.gov.br/apos-a-pandemia-a-arquitetura-hospitalar-nao-sera-mais-a-mesma/>. Acesso em: 03 out. de 2020.

TOLENTINO, M. **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos.** São Carlos: edUFSCAR; São Paulo, 76 p., 2007.

ULRICH, R.S. View through a window may influence recovery from surgery. **Science**, v. 224, n. 4647, p. 420-421, abr. 1984. DOI: 10.1126/science.6143402. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6143402/>. Acesso em: 05 out. 2020.

VECCHIA, F.A.S. **Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano.** Tese (Doutorado em Ciências com ênfase em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

VERHEYEN, J.; THEYS, N.; ALLONSIUS, L.; DESCAMPS, F. Thermal comfort of patients: Objective and subjective measurements in patient rooms of a Belgian healthcare facility. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, p. 1195–1204, mai. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132310003665>. Acesso em: 15 out. 2020.

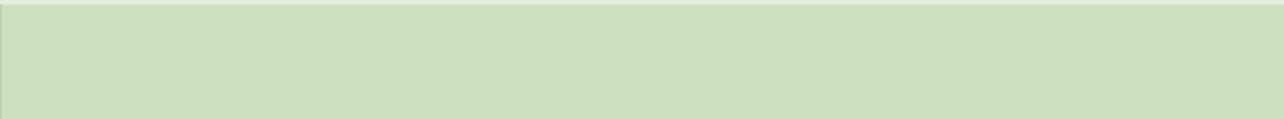
YAU, Y.H.; CHANDRASEGARAN, D.; BADARUDIN, A. The ventilation of multiple-bed hospital wards in the tropics: A review. **Building and Environment**, v. 46, n. 5, p. 1125–1132, mai. 2011. DOI: 10.1016/j.buildenv.2010.11.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003446>. Acesso em: 05. fev. 2021.

XAVIER, A. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias** – Teoria física aliada a estudos de campo. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ZIA, H., SINGH, R., SETH, M., AHMED, A., AZIM, A. Engineering solutions for preventing airborne transmission in hospitals with resource limitation and demand surge. **Indian Journal of Critical Care Medicine**, v. 25, p. 453-460, apr. 2021. DOI: 10.5005/jp-journals-10071-23792. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34045813/>. Acesso em: 23 set. 2021.



# APÊNDICES



### **APÊNDICE A:** Escopo das perguntas aos escritórios envolvidos

**Objetivo:** Aquirir informações que relatem sobre a execução do HU-UFSCar, bem como suas entraves, métodos, alterações, motivações e opiniões. Com quem? Com quem esteve envolvido e teve participação e conhecimento da execução do Hospital.

- 01) Como foi a contratação do escritório e por quais motivos?
- 02) Qual a data de início e término das atividades envolvendo o escritório?
- 03) Em quais etapas o escritório esteve envolvido?
- 04) Qual a área construída do HU-UFSCar pelo Hospital?
- 05) Houve uma revisão do projeto em cima das características climáticas/implantação de São Carlos?
- 06) Como se deu a escolha do terreno para a implantação dos HU-UFSCar? Vocês tiveram participação?
- 07) Como funciona o piso técnico subterrâneo? E como foi previsto o controle dos ventiladores existentes nesse piso?
- 08) De maneira geral, como funciona os sistemas de conforto nesse edifício?
- 09) Como era para acontecer o controle das esquadrias do forro? É um sistema muito oneroso?
- 10) Nota-se uma integração do paisagismo com a arquitetura no projeto, vocês tiveram participação nisso?
- 11) Foi utilizada alguma ferramenta de conforto ambiental pelo projeto?
- 12) Na opinião de vocês, o que poderia ser facilitado se a CTRS tivesse tido participação?
- 13) Qual era o quadro de funcionários envolvidos na época da execução?
- 14) Como era pra funcionar a manutenção do HU-UFSCar?
- 15) O que vocês aprenderam com o projeto/execução do HU-UFSCar?
- 16) Vocês chegaram a retornar no HU recentemente? Está funcionando como vocês imaginavam?

- 17) Qual foi o sistema construtivo utilizado?
- 18) Como foi a montagem da obra?
- 19) Quais fornecedores tiveram participação?
- 20) O que pode-se dizer que foi alterado do projeto inicial? Qual foi a motivação?
- 21) Em algum momento houve dificuldades para adaptação do ante-projeto para a realidade do HU-UFSCar?
- 22) Quantas pessoas estiveram envolvidas no detalhamento do projeto?
- 23) Qual era o prazo?
- 24) O escritório esteve envolvido de alguma forma no processo de escolha dos fornecedores?
- 25) Como foi realizado o acompanhamento da obra pelo escritório?
- 26) Foi pensando em algum tipo de mecanismo para facilitar a manutenção do hospital?
- 27) Teve algum tipo de terceirização da obra?
- 28) Na sua opinião quais são as implicações positivas e negativas das estratégias passivas de conforto térmico e lumínico.

## APÊNDICE B: Roteiro medições

**Quadro 13:** Roteiro detalhado das medições

PERÍODO					
Medições contínuas (temperatura, umidade do ar)	Temp. globo	Velocidade do ar	Medição área de espera	Questionários	
				Funcionários	Pacientes/ Visitantes
Início: 03/02/22 Fim: 24/02/22	17-24/02	17-18/02 23-24/02	17 e 18/02 23 e 24/02	08:30	08:30
				13:30	13:30
				17:30	17:30
				20:30	
				01:30	
				05:30	

PADRÕES ADOTADOS	
Intervalo	10 min.
Altura dos equipamentos	0,60 (ISO 7726, 1998) – pessoas sentadas

ROTEIRO	
02/02	Programação dos Hobos (início quinta 00:00)
02/02	Levar equipamentos para o Hospital
03/02	Início das medições
15/02	Descarregar dados dos Hobos
16/02	Instalar e acionar equipamentos pontuais
17/02 e 18/02	Fazer medição pontual nas áreas de espera/ Aplicação de questionários
21/02	Retirar equipamentos multifuncional para carregar
21/02	Instalar e acionar equipamentos multifuncional
23/02 e 24/02	Fazer medição pontual nas áreas de espera/ Aplicação de questionários
25/02	Retirar equipamentos e coletar dados

OBSERVAÇÕES	
MEDIÇÕES PONTUAIS	Registrar como estão aberturas nas medições pontuais
FOTOS	Tirar fotos que faltam da análise/ Tirar foto da posição dos equip. e medições e questionários/ Tirar foto de como estão as aberturas/
LEVAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fita helerman para amarrar os equip.</li> <li>- Tesoura</li> <li>- Questionários com TCLE</li> <li>- Canetas para paciente/vistantes</li> <li>- Álcool para higienização</li> </ul>

## APÊNDICE C: Questionário aplicado na pesquisa para pacientes e visitantes

### PARTE 01- DADOS PESSOAIS, HÁBITOS E PREFERÊNCIAS

Identificação: ( ) Paciente ( ) Visitante

Gênero: ( ) M ( ) F

Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ Cidade onde nasceu: \_\_\_\_\_

Em quais cidades já morou e por quanto tempo?

\_\_\_\_\_

Há quanto tempo mora em São Carlos?

\_\_\_\_\_

Tem vivência em ambientes com ar-condicionado? Onde e por quanto tempo?

(Considerar apenas algo que seja de sua rotina)

\_\_\_\_\_

Você é uma pessoa: ( ) “frioenta” ( ) “calorenta” ( ) os dois ( ) nenhum dos dois

Você está/esteve doente nos últimos dias? Se sim, quais sintomas?

\_\_\_\_\_

Há quanto tempo está nesse ambiente (área de espera do hospital)?

\_\_\_\_\_

Qual das estratégias você escolheria para este ambiente?

( ) ventilação natural ( ) ventilação natural e ventiladores ( ) Ar-condicionado

Qual vestimenta está utilizando? (Ex: Camisa de manga curta + casaco + calça jeans + meia + tênis).

\_\_\_\_\_

### PARTE 02- AVALIAÇÃO DO AMBIENTE INTERNO

Qual a sua sensação térmica neste momento?

( ) com muito frio ( ) com frio ( ) levemente com frio ( ) neutro

( ) levemente com calor ( ) com calor ( ) com muito calor

Você preferia estar: ( ) mais aquecido ( ) assim mesmo ( ) mais resfriado

**Nesse momento, você considera este ambiente:** ( ) confortável ( ) desconfortável

**Qual a sua opinião sobre o movimento de ar neste momento?**

- ( ) Aceitável – pouco movimento de ar ( ) Aceitável – suficiente movimento de ar  
( ) Aceitável – muito movimento de ar ( ) Inaceitável – pouco movimento de ar  
( ) Inaceitável – muito movimento de ar

**Qual a sua sensação de umidade neste momento?**

- ( ) Muito seco ( ) Seco ( ) Pouco seco ( ) Neutro ( ) Pouco úmido ( ) Úmido  
( ) Muito úmido

**Considerando a sua resposta anterior, qual a sua preferência em relação a umidade nesse momento?**

- ( ) Aumentar a umidade ( ) Não diminuir ( ) Diminuir a umidade ( ) Não sei

**Você realizou alguma dessas ações buscando melhorar as condições de conforto térmico do ambiente?**

- ( ) Mudei para mais próximo/distante das janelas  
( ) Movimentei meu corpo visando aquecer ou me resfriar  
( ) Utilizei leques, lenços, prendedores de cabelo ou outro acessório  
( ) Modifiquei/acrescentei/tirei alguma peça de vestimenta (ex: coloquei um moletom)  
( ) Ingeri bebidas quentes/frias/neutras  
( ) Outras:

**Os jardins e espelhos d'água internos trazem conforto e bem-estar para você? Qual sua opinião sobre eles?**

**Fique à vontade para opinar e sugerir ações, que em sua opinião trariam melhorias a este ambiente térmico (opcional):**

## APÊNDICE D: Questionário aplicado na pesquisa para funcionários

### PARTE 01- DADOS PESSOAIS, HÁBITOS E PREFERÊNCIAS

Ambiente: \_\_\_\_\_ Gênero: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Cidade onde nasceu: \_\_\_\_\_

Em quais cidades já morou e por quanto tempo? \_\_\_\_\_

Há quanto tempo mora em São Carlos? \_\_\_\_\_

Há quanto tempo trabalha nesse espaço/ambiente? \_\_\_\_\_

Atividade predominantemente exercida neste ambiente: \_\_\_\_\_

Tem vivência em ambientes com ar-condicionado? Onde e por quanto tempo?

\_\_\_\_\_

Você é uma pessoa: ( ) “frioenta” ( ) “calorenta” ( ) os dois ( ) nenhum dos dois

Você está/esteve doente nos últimos dias? Se sim, quais sintomas?

\_\_\_\_\_

Qual das estratégias você escolheria para este ambiente?

( ) ventilação natural ( ) ventilação natural e ventiladores ( ) Ar-condicionado

Qual vestimenta está utilizando? (Ex: Camisa de manga curta + casaco + calça jeans + meia + tênis)

\_\_\_\_\_

### PARTE 02- AVALIAÇÃO DO AMBIENTE INTERNO

Qual a sensação térmica neste momento?

( ) com muito frio ( ) com frio ( ) levemente com frio ( ) neutro

( ) levemente com calor ( ) com calor ( ) com muito calor

Você preferia estar: ( ) mais aquecido ( ) assim mesmo ( ) mais resfriado

Nesse momento, você considera este ambiente: ( ) confortável ( ) desconfortável

**Qual a sua opinião sobre o movimento de ar neste momento?**

- Aceitável – pouco movimento de ar     Aceitável – suficiente movimento de ar  
 Aceitável – muito movimento de ar     Inaceitável – pouco movimento de ar  
 Inaceitável – muito movimento de ar

**Qual a sua sensação de umidade neste momento?**

- Muito seco     Seco     Pouco seco     Neutro     Pouco úmido     Úmido  
 Muito úmido

**Considerando a sua resposta anterior, qual a sua preferência em relação a umidade nesse momento?**

- Aumentar a umidade     Não diminuir     Diminuir a umidade     Não sei

**Você realizou alguma dessas ações buscando melhorar as condições de conforto térmico do ambiente?**

- Mudei para mais próximo/distante das janelas  
 Movimentei meu corpo visando aquecer ou me resfriar  
 Utilizei leques, lenços, prendedores de cabelo ou outro acessório  
 Modifiquei/acrescentei/tirei alguma peça de vestimenta (ex: coloquei um moletom)  
 Ingeri bebidas quentes/frias/neutras  
 Outras:

**Os forros basculantes estão:**

- fechados     pouco abertos     abertos na metade     totalmente abertos

**As venezianas estão:**

- abertas     semi-abertas     fechadas

**Nesse momento, os ventiladores estão ligados? ( ) sim ( ) não**

**Qual sua opinião sobre as estratégias de ventilação natural do ambiente em que trabalha (forros basculantes e venezianas)? Acha que funciona? Sabe como funciona? Tem desvantagens? Discorra tudo o que achar relevante sobre o tema.**

**APÊNDICE E:** Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

*UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP*

*INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO / PROGRAMA DE PÓS  
GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO*

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

*(Resolução 466/2012 do CNS)*

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO, LUMÍNICO E ENERGÉTICO NO  
AMBIENTE HOSPITALAR: ESTUDO DE CASO HU-UFSCAR**

Eu, Karime Zeferino de Souza, estudante do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP o(a) convido a participar da pesquisa “Avaliação de desempenho térmico, lumínico e energético do Hospital Universitário de São Carlos” orientada pelo Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eduvaldo Paulo Sichieri.

A arquitetura hospitalar possui grande influência na recuperação do paciente e produtividade dos funcionários, desta forma, aspectos como iluminação e ventilação natural são indispensáveis por contribuírem para boas condições visuais, térmicas e higiênicas. Estes fundamentos podem ser ilustrados através dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek, projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, também responsável pelo projeto do HU-UFSCar. Embora o hospital não tenha sido executado pela Rede Sarah, possui as estratégias de projeto frequentemente utilizadas pelo arquiteto e por conseguinte, possui um potencial de referência diante da realidade dos hospitais públicos.

Entretanto, alguns trabalhos e relatos constataram algumas alterações do projeto e diante desses fatores, a pesquisa tem como objetivo diagnosticar a situação atual do Hospital Universitário de São Carlos, no que diz respeito às estratégias de ventilação e iluminação natural, identificando suas alterações, consequências e motivações, bem como verificar as condições de desempenho

térmico e energético de sua envoltória e as condições de conforto/percepção térmica dos funcionários que trabalham nos ambientes naturalmente ventilados. Quanto aos objetivos específicos, estes pretendem destacar as diferentes estratégias relativas ao conforto térmico, lumínico e de eficiência energética no Hospital Universitário de São Carlos; Analisar o desempenho térmico e energético da envoltória do hospital, bem como o conforto térmico e a percepção e preferência dos usuários que ali trabalham; E gerar informações que auxiliem na melhora do Hospital Universitário de São Carlos, bem como sirvam de diretrizes para outros projetos hospitalares.

Você foi selecionado (a) por ser profissional efetivo do Hospital Universitário de São Carlos, onde o estudo será realizado. Você será convidado a responder uma entrevista semiestruturada com tópicos sobre diversos aspectos que envolvem o seu conforto térmico e lumínico, além do consumo de energia referente a isso.

O questionário será individual e realizada no próprio local de trabalho no período em que estiver ocorrendo as medições das variáveis ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura radiante média e velocidade do ar), pois uma informação complementa a outra. As perguntas não serão invasivas à intimidade dos participantes, entretanto, esclareço que a participação na pesquisa pode gerar estresse e desconforto como resultado da exposição de opiniões pessoais em responder perguntas que envolvem as próprias ações. Diante dessas situações, os participantes terão garantidas pausas nas entrevistas, a liberdade de não responder às perguntas quando a considerarem constrangedoras, podendo interromper a entrevista a qualquer momento. Em caso de encerramento das entrevistas por qualquer fator descrito acima, a pesquisadora irá orientá-la e encaminhá-la para profissionais especialistas e serviços disponíveis, se necessário, visando o bem-estar de todos os participantes.

Sua participação nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científicos, proporcionando maiores informações e discussões que poderão auxiliar na melhora do Hospital Universitário de São Carlos, bem como sirvam de diretrizes para outros projetos hospitalares referentes a eficiência energética, ventilação e iluminação natural. A

pesquisadora realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

Sua participação é voluntária e não haverá compensação em dinheiro pela sua participação. A qualquer momento o (a) senhor (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo profissional, seja em sua relação ao pesquisador, à Instituição em que trabalha ou à Universidade de São Paulo.

Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando sua identificação.

Solicito sua autorização para gravação em áudio das entrevistas, no qual serão transcritas pela pesquisadora, garantindo que se mantenha o mais fidedigna possível. Depois de transcrita será apresentada aos participantes para validação das informações.

Todas as despesas com o transporte e a alimentação decorrentes da sua participação na pesquisa, quando for o caso, serão ressarcidas no dia da coleta. Você terá direito a indenização por qualquer tipo de dano resultante da sua participação na pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, rubricada em todas as páginas por você e pelo pesquisador, onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal. Você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação agora ou a qualquer momento.

*Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br*

*Endereço para contato (24 horas por dia e sete dias por semana):*

Pesquisador Responsável: Karime Zeferino de Souza

Endereço: Av. Trab. São Carlense, 400 - Centro, São Carlos - SP, 13566-590

Contato telefônico: (xx) xxxxx-xxxx e-mail: karimezs@usp.br

Local e data: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nome do Pesquisador

\_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador

\_\_\_\_\_

Nome do Participante

\_\_\_\_\_

Assinatura do Participante



# ANEXOS

## ANEXO A: Propriedades térmicas dos materiais

**Tabela 15:** Espessura, densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais que constituem a cobertura do bloco B do HU-UFSCar

Camada	Material	Espessura (m)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ W/(m.K)	c J/(kg.K)
1	Bloco de concreto	0,19	2400	1,75	1,00
2	Argamassa de assentamento horizontal	0,01	2000	1,15	1,00
3	Argamassa de assentamento vertical	0,01	2000	1,15	1,0
4	Argamassa externa	0,01	2000	1,15	1,00
5	Argamassa interna	0,01	2000	1,15	1,00

Fonte: Adaptado de ABNT (2005).

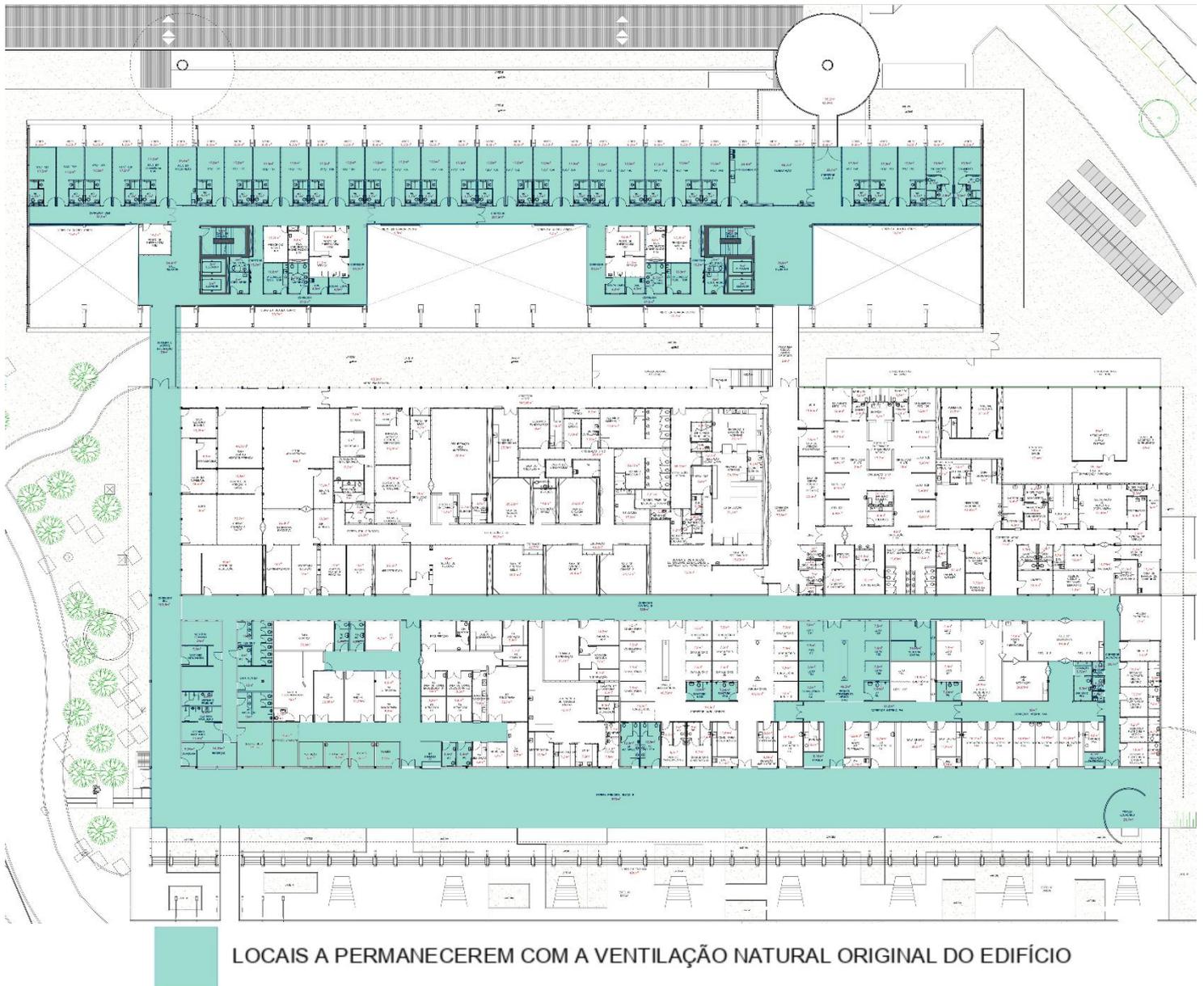
**Tabela 16:** Espessura, densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico dos materiais que constituem a cobertura

Camada	Material	Espessura	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ W/(m.K)	c J/(kg.K)
1	Telha ondulada em chapa de aço zincada pré-pintada na cor branca	0,8mm	7800	55	0,46
2	Manta de bidin	-	-	-	-
3	Camada de ar	variável			
4	Forro basculante de policarbonato	2 x placas de 1,5cm	1200	0,2	1,2

Fonte: Adaptado de ABNT (2005).

**ANEXO B:** Planta baixa ampliada do bloco B e bloco C com áreas de ventilação natural demarcadas

**Figura 90:** Planta baixa ampliada do bloco B e C com áreas de ventilação natural



**Fonte:** Adaptado do acervo do HU-UFSCar (2021).

## ANEXO C: Ocorrência de chuvas no período monitorado

**Tabela 17:** Ocorrência de chuvas no período de monitoramento

Hora	Chuvas (mm)								
	03/02/22	04/02/22	05/02/22	06/02/22	07/02/22	11/02/22	15/02/22	16/02/22	21/02/22
00:00	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0
01:00	0	0,4	0	0,4	0	0	0	0	0
02:00	0,8	0	0	0,2	0	0	0	0	0
03:00	0,2	0	0	0,8	3,6	0	0	0	0
04:00	0,2	5	0	0	5,6	0	0	0	0
05:00	0	8,2	0	0	0,6	0	0	0	0
06:00	1,8	8	0	0	0,2	0	0	0	0
07:00	0,4	2,8	0,2	0	0	0	0	0	0
08:00	0	1,2	0	0	0	0	0	0,2	0
09:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0
11:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0
13:00	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0
14:00	0	0	0	0	1,2	0	0	0	0
15:00	0	0	0	0	14,8	1	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	8,4	0	1	0	1,4	0	0	0	0
18:00	2,4	0	0,2	0	1	0,2	1,8	0	0
19:00	0,8	0	0	0	2,2	0	9	5,8	0
20:00	0	0	0	0	0,8	0	0,6	8,8	0
21:00	0	0	17,8	0	0,4	0	0	0	0
22:00	0	0	4,2	0	0	0	0	0	3,8
23:00	0	0	1,2	0	0	0	1	0	0,4

Fonte: Adaptado de INMET (2022).