



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

KLYFESSON SATURNINO GONZAGA

Proposta de retrofit para melhoria do desempenho térmico das fachadas da edificação vertical do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) - UFAL

TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO

Maceió
2023

KLYFESSON SATURNINO GONZAGA

Proposta de retrofit para melhoria do desempenho térmico das fachadas da edificação vertical do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) - UFAL

Trabalho Final de Graduação apresentado à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Arquitetura e Urbanismo, orientado pela Prof. Dr^a Juliana Oliveira Batista.

Maceió
2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

- G642p Gonzaga, Klyfesson Saturnino.
 Proposta de retrofit para melhoria do desempenho térmico das fachadas da
 edificação vertical do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) -
 UFAL / Klyfesson Saturnino Gonzaga. - 2023.
 [105] f. : il. color.
- Orientadora: Juliana Oliveira Batista.
 Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Arquitetura e Urbanismo) –
 Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Maceió,
 2023.
- Bibliografia: f. 99-102.
 Apêndices: f. [103]-[105].
1. Retrofit. 2. Conforto térmico. 3. Fachadas. I. Título

CDU: 725.51:711.64

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por ter me sustentado durante a longa jornada que foi a graduação, por ter me abraçado nas madrugadas difíceis que ninguém viu e por ainda me sustentar até o dia de hoje.

À minha família, pelo amor incondicional, pelas palavras de apoio e motivação, pelo esforço em prover o que fosse necessário em termos de custos para que eu pudesse concluir a graduação.

Aos meus professores, que foram os responsáveis por me conduzir e me fazer mergulhar no mundo da arquitetura e do urbanismo, pelos debates, pelas viagens, aulas de campo, boas risadas e momentos ímpares em sala de aula.

À minha orientadora, Prof. Dr^a Juliana Oliveira, por me dar segurança para desenvolver meu Trabalho Final de Graduação e por me fazer acreditar no meu potencial.

Aos meus colegas de curso, que foram fundamentais nas situações mais críticas em que pudemos nos confortar e fazer piada de tudo, tornando o processo mais leve. Muitas madrugadas juntos, aniversários surpresas, almoços no restaurante universitário (RU) e rolês aleatórios. De forma especial, agradeço ao Rafael Levy, Anna Lourenci, Isabelle Soares, Leandro Marques, Luiz Felipe Ferreira, Laís Guimarães, Sander Brito, Maria Gabriela Almeida, Mariana Cerqueira, Jamile Parnaíba, Amanda Castelo Branco, Mariane Nascimento e Líris Sousa.

Aos meus amigos da Igreja Adventista do Sétimo Dia, em especial ao Luan Alves e Joab Barbosa.

Aos profissionais do setor de infraestrutura física do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (onde estagiei pela primeira vez), a arquiteta Regina Celi Borges de Mendonça e os engenheiros Allan Dênisson Soares Silva e Antonio Carlos dos Santos que me acolheram e me fizeram sentir um carinho especial pelo ambiente. Posteriormente, a arquiteta Dr^a Livia de Oliveira Martins, que me recebeu em minha primeira visita para levantamento de informações sobre o HUPAA.

RESUMO

O presente trabalho busca evidenciar a importância do estudo das fachadas de um edifício multipavimentos, em termos de exposição à radiação solar. A unidade de análise é o Hospital Universitário Professor Alberto Antunes - UFAL, situado na Av. Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro do Martins, o projeto de construção do HUPAA surgiu pela necessidade de efetivar o campo de prática para o ensino e pesquisa na área médica da localidade, desse modo nasceu a idealização do hospital-escola, o HUPAA é reconhecido como instituição de referência do estado de Alagoas, prestando assistência 100% SUS. Suas fachadas são caracterizadas por brises verticais, do tipo asa de avião, presentes em quase toda a extensão vista da avenida principal (AL 104). A edificação pode ser considerada como um ponto nodal para a cidade de Maceió, sobretudo pela caixa d'água presente no estacionamento, que pode ser vista a longas distâncias. A proposta é centrada em um retrofit para a melhoria do desempenho térmico de suas fachadas. Através de visitas ao local e elaboração de cartas solares foram obtidas informações acerca da eficiência dos dispositivos de proteção solar (brises), de vedação e dos revestimentos que compõem as fachadas atuais do edifício vertical do HUPAA. Após as análises de insolação e das propriedades termofísicas dos componentes de vedação foram definidas estratégias de retrofit para reduzir, em até 75%, os ganhos térmicos das fachadas, por meio da substituição de revestimentos, dos dispositivos de proteção solar e da substituição de uma parte das superfícies translúcidas - vidros das janelas da fachada - por superfícies com menor fator solar.

Palavras-chave: Retrofit; Conforto Térmico; Fachada.

ABSTRACT

The present work seeks to highlight the importance of studying the facades of a multi-floor building, in terms of exposure to solar radiation. The unit of analysis is the University Hospital Professor Alberto Antunes - UFAL, located at Av. Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro do Martins, the construction project of the HUPAA arose from the need to implement the field of practice for teaching and research in the medical area of the locality, thus the creation of the teaching hospital, the HUPAA was born is recognized as a reference institution in the state of Alagoas, providing assistance 100% SUS. Its facades are characterized by vertical louvres, of the type of airplane wing, present in almost all the extension seen from the main avenue (AL 104). The building can be considered as a nodal point for the city of Maceió, especially for the water tank present in the parking lot, which can be seen from long distances. The proposal is centered on a retrofit to improve the thermal performance of its facades. Through visits to the site and elaboration of solar charts, information was obtained about the efficiency of solar protection devices (brises), sealing and coatings that make up the current facades of the HUPAA vertical building. After analyzing the insolation and thermophysical properties of the sealing components, retrofit strategies were defined to reduce, by up to 75%, the thermal gains of the facades, through the replacement of coatings, sun protection devices and the replacement of a part of the translucent surfaces - window panes on the façade - by surfaces with lower solar factor.

Keywords: Retrofit; Thermal Comfort; Facade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fachada sudoeste do HUPAA, voltada à Av. Lourival Melo Mota	14
Figura 02 - Hotel Fasano, Salvador-BA, antes e depois de passar por um retrofit	18
Figura 03 - Parte da fachada do Farol Santander, São Paulo-SP, antes e depois de passar por um retrofit	18
Figura 04 - Maracanã, Maracanãzinho e entorno antes (2006) e depois (2013) do retrofit ..	19
Figura 05 - Resumo esquemático da estrutura da Norma	20
Figura 06 - Gráfico das médias das temperaturas máximas para a cidade de Maceió	22
Figura 07 - Gráfico das médias das temperaturas médias para a cidade de Maceió	22
Figura 08 - Gráfico das médias das temperaturas mínimas para a cidade de Maceió	23
Figura 09 - Mapa do clima no estado de Alagoas, com destaque em vermelho para a cidade de Maceió	24
Figura 10 - Gráfico da umidade relativa do ar para a cidade de Maceió	25
Figura 11 - Rosa dos ventos média anual (de Maceió-AL) elaborada com os dados observados referentes ao período 2003 – 2012 através do modelo WAsP e respectivas frequências por setor	26
Figura 12 - velocidades médias mensais e anuais do vento (m/s) por setor, referentes ao período 2003-12 (para Maceió-AL)	26
Figura 13 - Ilustração de uma carta solar	27
Figura 14 - Carta solar da cidade de Maceió-AL e identificação dos solstícios e equinócios	28
Figura 15 - Tabela indicando aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 8	29
Figura 16 - Gráfico das médias de insolação para a cidade de Maceió	29
Figura 17 - Gráfico das médias de precipitação para a cidade de Maceió	30
Figura 18 - Espectro de radiação eletromagnética	31
Figura 19 - Tipos de radiações solares	32
Figura 20 - Transmissão de calor do meio externo para o meio interno das edificações	32
Figura 21 - Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro, com destaque (em vermelho) da cidade de Maceió-AL	33
Figura 22 - Tabela indicando níveis máximos admissíveis de transmitância térmica de paredes externas, de acordo com as zonas bioclimáticas brasileiras	34
Figura 23 - Tabela indicando níveis admissíveis de capacidade térmica de paredes externas	34

Figura 24 - Esquema ilustrativo de trocas de calor através de paredes opacas	35
Figura 25 - Tabela contendo valores de Coeficiente de Absorção da Radiação Solar (α), específico de pintura	35
Figura 26 - Fórmulas de transmitância térmica (U) e resistência térmica \mathbb{R}	35
Figura 27 - Esquema ilustrativo das resistências presentes na composição de uma parede opaca	36
Figura 28 - Tabela de resistência térmica superficial interna e externa com destaque para a direção horizontal	36
Figura 29 - Tipologias de paredes de blocos de concreto e respectivas propriedades térmicas	37
Figura 30 - Tipologias de paredes de blocos cerâmicos e respectivas propriedades térmicas	37
Figura 31 - Tipologias de paredes de blocos de concreto, com placa de alumínio composto e respectivas propriedades térmicas	38
Figura 32 - Tipologias de paredes de blocos cerâmicos, com placa de alumínio composto e respectivas propriedades térmicas	38
Figura 33 - Propriedades térmicas do vidro	39
Figura 34 - Comparação dos comportamentos dos vidros após a quebra	40
Figura 35 - Combinação de brises horizontais e verticais no Ministério de Educação e Saúde / Lucio Costa e equipe	42
Figura 36 - Fachada com aplicação de membrana têxtil no Centro de Educação Profissional Senac Turismo e Gastronomia, Campo Grande (MS)	42
Figura 37 - Tecnologia presente na membrana têxtil de uma fabricante	43
Figura 38 - Propriedades solares e luminosas presentes na membrana têxtil de uma fabricante	44
Figura 39 - legenda da figura 38	44
Figura 40 - O material possui 40% de transparência	46
Figura 41 - À esquerda, estudantes de Medicina da UFAL, com as obras de expansão do Hospital Universitário ao fundo, em 1980. À direita, navio-escola HOPE no Porto de Maceió	48
Figura 42 - Planta de situação e implantação do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes	49
Figura 43 - Identificação do edifício vertical do HUPAA	49
Figura 44 - Setorização do 2º pavimento do bloco vertical do HUPAA	50

Figura 45 - Setorização do 3º pavimento do bloco vertical do HUPAA	50
Figura 46 - Setorização do 4º pavimento do bloco vertical do HUPAA	51
Figura 47 - Setorização do 5º pavimento do bloco vertical do HUPAA	51
Figura 48 - Setorização do 6º pavimento do bloco vertical do HUPAA	52
Figura 49 - Setorização da cobertura do bloco vertical do HUPAA	52
Figura 50 - Planta de coberta do bloco vertical do HUPAA	52
Figura 51 - Fachada sudoeste do bloco vertical do HUPAA, voltada para a Av. Lourival Melo Mota	53
Figura 52 - Fachada sudeste do bloco vertical do HUPAA, voltada para a Av. Paulo Holanda	53
Figura 53 - Fachada nordeste do bloco vertical do HUPAA, oposta à Av. Lourival Melo Mota	54
Figura 54 - Fachada noroeste do bloco vertical do HUPAA, oposta à Av. Paulo Holanda ...	54
Figura 55 - Estruturas executadas sem a adição dos brises	55
Figura 56 - Identificação das fachadas, referente a presença da estrutura que comporta os brises	55
Figura 57 - Revestimento cerâmico e janelas, tipo maxim-ar, presentes na fachada do edifício do HUPAA	56
Figura 58 - Brises de alumínio presentes na fachada do edifício do HUPAA	56
Figura 59 - Identificação de alguns conjuntos de brises presentes na fachada do edifício do HUPAA	57
Figura 60 - Esquema ilustrativo do brises do HUPAA	57
Figura 61 - Representação, em carta solar, da fachada sudeste do HUPAA	58
Figura 62 - Representação, em carta solar, da fachada sudoeste do HUPAA	58
Figura 63 - Representação, em carta solar, da fachada nordeste do HUPAA	59
Figura 64 - Representação, em carta solar, da fachada noroeste do HUPAA	59
Figura 65 - Quadro de incidência solar direta das fachadas do HUPAA	60
Figura 66 - Identificação das fachadas do HUPAA	60
Figura 67 - Principais fachadas que sofrem influência da sombra própria do HUPAA	61
Figura 68 - Mapeamento de Exposição à Radiação Solar, das janelas presentes na fachada sudoeste 02 do HUPAA	61
Figura 69 - Indicação, em elevação frontal, de janela com baixa ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	62

Figura 70 - indicação, em elevação lateral, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	62
Figura 71 - Indicação, em planta baixa, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo beta	63
Figura 72 - Representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com baixa ERS	63
Figura 73 - Indicação, em elevação frontal, de janela com média ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	64
Figura 74 - Indicação, em elevação lateral, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	64
Figura 75 - Indicação, em planta baixa, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo beta	65
Figura 76 - Representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com média ERS	65
Figura 77 - Indicação, em elevação frontal, de janela com alta ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	66
Figura 78 - Indicação, em elevação lateral, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	66
Figura 79 - Indicação, em planta baixa, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo beta	67
Figura 80 - representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com alta ERS	67
Figura 81 - Mapeamento de Exposição à Radiação Solar, das janelas presentes na fachada nordeste 02 do HUPAA	68
Figura 82 - Indicação, em elevação frontal, de janela com baixa ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	68
Figura 83 - Indicação, em elevação lateral, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	69
Figura 84 - Indicação, em planta baixa, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo beta	69
Figura 85 - Representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com baixa ERS	70
Figura 86 - Indicação, em elevação frontal, de janela com média ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	70

Figura 87 - Indicação, em elevação lateral, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	71
Figura 88 - Indicação, em planta baixa, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo beta	71
Figura 89 - Representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com média ERS	72
Figura 90 - Indicação, em elevação frontal, de janela com alta ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA	72
Figura 91 - Indicação, em elevação lateral, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo alfa	73
Figura 92 - Indicação, em planta baixa, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo beta	73
Figura 93 - Representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com média ERS	74
Figura 94 - Rosa dos Ventos, com norte alinhado ao norte do HUPAA, para identificar a frequência dos ventos nas orientações das fachadas	74
Figura 95 - Rosa dos Ventos, com norte alinhado ao norte do HUPAA, para identificar as velocidades dos ventos nas orientações das fachadas	75
Figura 96 - Esquema ilustrativo dos possíveis comportamentos de ventilação e insolação no edifício vertical do HUPAA	76
Figura 97 - Ar-condicionados acrescentados nas janelas do 3º pavimento	77
Figura 98 - Ar-condicionado de janela em uma sala de estudos do 4º pavimento	77
Figura 99 - Ar-condicionado split em uma sala de médicos do 6º pavimento	78
Figura 100 - Ventilador em uma enfermaria do 5º pavimento	78
Figura 101 - Mapeamento de salas com ar-condicionado 2º pavimento	79
Figura 102 - Mapeamento de salas com ar-condicionado 3º pavimento	79
Figura 103 - Mapeamento de salas com ar-condicionado 4º pavimento	80
Figura 104 - Mapeamento de salas com ar-condicionado 5º pavimento	80
Figura 105 - Mapeamento de salas com ar-condicionado 6º pavimento	81
Figura 106 - Identificação de soltura de revestimentos cerâmicos na fachada que envolve a torre de circulação vertical	82
Figura 107 - Identificação de janelas quebradas e janelas com algum tipo de intervenção interna, provavelmente, para barrar a incidência solar direta nos ambientes	83
Figura 108 - Identificação de conjuntos de brises incompletos e desajustados	83

Figura 109 - Identificação do surgimento de vegetação entre o rejunte do revestimento cerâmico	84
Figura 110 - Cálculo das resistências para obtenção do valor U correspondente à composição atual de fachada	86
Figura 111 - Composição proposta para atualização das fachadas, visando um melhor desempenho térmico	86
Figura 112 - Identificação das fachadas sujeitas a substituição do revestimento	87
Figura 113 - Corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada sudoeste do HUPAA	88
Figura 114 - Corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada nordeste do HUPAA	88
Figura 115 - Corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada sudoeste do HUPAA	89
Figura 116 - Janelas com proteção interna improvisada na fachada sudoeste do HUPAA ...	90
Figura 117 - Painel de proteção externa proposto para a fachada sudoeste do HUPAA	90
Figura 118 - Esquema ilustrativo do comportamento dos ventos sudeste nas fachadas do HUPAA	91
Figura 119 - Brises horizontais e membranas têxteis, na fachada sudoeste do HUPAA	91
Figura 120 - Brises horizontais utilizados nas fachadas sudoeste e nordeste do HUPAA	92
Figura 121 - Fachada sudoeste do HUPAA	92
Figura 122 - Fachada nordeste do HUPAA	93
Figura 123 - Fachada sudeste do HUPAA	93
Figura 124 - Fachada noroeste do HUPAA	94
Figura 125 - Corte da fachada sudoeste do HUPAA	94
Figura 126 - Corte da fachada nordeste do HUPAA	95
Figura 127 - Perspectiva sudoeste do HUPAA	95
Figura 128 - Perspectiva sudeste do HUPAA	96
Figura 129 - Perspectiva noroeste do HUPAA	96

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVO GERAL	15
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Estratégias de retrofit para fachadas de edifícios multipavimentos	17
2.2. Condicionantes climáticos para o projeto de retrofit de fachadas	21
2.2.1. Temperatura e Umidade	21
2.2.2. Ventilação Natural	25
2.2.3. Insolação	27
2.2.4. Precipitação	30
2.3. Desempenho térmico de um edifício multipavimentos	31
2.3.1. Envoltória e elementos de vedação opacos	34
2.3.2. Sistemas de esquadrias	39
2.3.3. Dispositivos de sombreamento	41
2.3.4. Dispositivos de geração de energia solar	44
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
3.1. Caracterização do objeto de estudo	47
3.2. Volumetria e sistema construtivo	53
3.3. Exposição à insolação e à ventilação	57
3.4. Climatização dos ambientes	76
3.5. Estado de conservação das fachadas do bloco vertical	81
4. PROPOSTA DE RETROFIT PARA AS FACHADAS DA EDIFICAÇÃO VERTICAL DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PROFESSOR ALBERTO ANTUNES (HUPAA) - UFAL	84
4.1. Fundamentos da proposta arquitetônica	84
4.2. Apresentação da proposta	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS	99
APÊNDICE A - FACHADAS ATUAIS DO HUPAA	
APÊNDICE B - FACHADAS PROPOSTAS PARA O HUPAA	
APÊNDICE C - ESQUEMAS E DETALHES DOS DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTO DO HUPAA	

1. INTRODUÇÃO

A identidade visual de uma edificação se dá fortemente por meio da composição de suas fachadas, principalmente quando se trata de uma edificação do tipo vertical. Porém, a necessidade de fachadas bem projetadas está para além de suas implicações estéticas, ela deve oferecer, segundo a NBR 15575-4/2013: “[...] estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc..” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.3). Em se tratando de um edifício localizado na cidade de Maceió-AL (que possui clima tropical), é de suma importância observar o desempenho térmico de suas fachadas, por conta da incidência solar recorrente durante o ano todo. No caso de prédios existentes, que foram executados sem a devida atenção aos fatores citados anteriormente, bem como os que já apresentam ineficiência e/ou desatualização por parte das técnicas e dos materiais empregados em sua execução, há um conceito de reforma chamado retrofit, que consiste, resumidamente, em dar espaço para as tecnologias atuais e tornar o local mais seguro, sem abrir mão das características originais do projeto.

Nos edifícios multipavimentos, quando o assunto é exposição às intempéries, deve-se dar uma atenção especial às fachadas, pois são elas que apresentam maior superfície de contato com o meio exterior, recebendo diretamente a radiação solar e a chuva. Logo, os materiais que a compõem, devem estar preparados para as ações de dilatação e contração térmicas e, não havendo uma periodicidade adequada para análise e manutenção, as fachadas podem apresentar pontos de infiltração e vazamentos decorrentes dos agentes naturais.

O Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) - UFAL, situado em uma das vias estruturantes da cidade, apresenta necessidades visíveis de reparo. Além das razões estéticas que justificam esses reparos, a edificação carece de uma proteção contra radiação solar mais eficiente em suas fachadas. De igual modo, os materiais empregados nos brises (painéis metálicos) e o seu modelo (brises verticais móveis, que dependem de ajustes manuais) já apresentam sinais de desgaste por conta das intempéries e não são de simples manutenção. Apesar de o edifício do HUPAA possuir boa parte de sua área construída, situada em extensão de blocos horizontais, o bloco vertical destaca-se por acomodar a maior parte do setor de permanência para estudantes, pacientes e profissionais. Além disso suas fachadas apresentam possibilidades de aproveitamento da ventilação leste e sudeste, e necessitam de

proteção solar à leste - onde localiza-se maior parte dos ambientes de permanência prolongada.

Figura 01: fachada sudoeste do HUPAA, voltada à Av. Lourival Melo Mota.



Fonte: elaboração autoral (2022).

No tocante à administração e manutenção, o HUPAA foi cedido à Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh), em 2014, através de contrato assinado entre a Ufal e a Ebserh com duração de 20 anos, prorrogável por mais 20. Trata-se da maior rede de hospitais públicos do Brasil. Segundo informações do site oficial do Governo Federal, foi criada por meio da Lei nº 12.550, de 15 de dezembro de 2011, como uma empresa pública vinculada ao Ministério da Educação (MEC), com a finalidade de 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. É uma empresa estatal 100% dependente da União, atua em 40 Hospitais Universitários Federais (HUFs), que exercem a função de centros de referência de média e alta complexidade para o Sistema Único de Saúde (SUS). Desta forma, todo o corpo técnico do HUPAA é contratado por meio da Ebserh, sem nenhum tipo de intervenção ou responsabilidade técnica da Superintendência de Infraestrutura (Sinfra) da Universidade Federal de Alagoas.

O hospital é, hoje, um local que reúne profissionais de várias áreas do conhecimento, não apenas profissionais da saúde, como: arquitetura, engenharia, tecnologia da informação, dentre outros. O hospital tem como finalidade receber, tratar, curar e devolver à sociedade, com saúde restabelecida, pessoas acometidas com as mais diversas patologias. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, na Resolução Nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, “Dispõe

sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação, de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.”

As edificações presentes no clima quente e úmido (como é o caso de Maceió) tendem a apresentar um maior consumo de energia, por conta, sobretudo, do uso de condicionadores de ar e ventilação mecânica. Como forma de obter melhor eficiência energética, em clima tropical, pode-se tomar proveito da ventilação natural e da proteção solar (sombreamento) nas edificações, essas estratégias funcionam de forma passiva, diminuindo o consumo de energia para o resfriamento dos ambientes. No caso do edifício vertical do HUPAA o papel das fachadas é decisivo para determinar o desempenho térmico da edificação, consequência das propriedades termofísicas dos componentes construtivos e das condições de captação de ventilação e luz natural, bem como a exposição à insolação e seu controle por meio dos dispositivos de sombreamento. Plasticamente, este edifício vertical e suas aberturas recobertas por brises verticais destaca-se na paisagem do entorno, conferindo uma identidade visual marcante frente a todo o conjunto edificado. Considerando tais aspectos, este Trabalho Final de Graduação enfoca o edifício vertical do HUPAA como unidade de análise.

1.1. OBJETIVO GERAL

Propor a atualização das fachadas do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) - UFAL, utilizando-se das técnicas de retrofit, visando um melhor desempenho térmico.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o desempenho das aberturas das fachadas quanto a captação da ventilação natural;
- Analisar o desempenho dos dispositivos de sombreamento;
- Definir diretrizes projetuais para a proposta de retrofit, considerando os seguintes aspectos: desempenho térmico; durabilidade; adequação à composição volumétrica do edifício.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 deste trabalho, buscou-se inserir o leitor no contexto local do objeto de estudo - edifício vertical do HUPAA - apresentando, resumidamente, características sobre o clima da cidade de Maceió e dados históricos da edificação, finalizando com a exposição dos objetivos do presente trabalho.

No capítulo 2, são abordados os principais condicionantes climáticos a serem considerados no projeto de arquitetura em localidades de clima quente e úmido, condicionantes como temperatura e umidade, ventilação, insolação e precipitação. São apresentados, também, dados mais recentes desses condicionantes para a cidade de Maceió-AL.

No capítulo 3, são apresentadas algumas estratégias de retrofit para edifícios multipavimentos, considerando os sistemas de envoltória e elementos de vedação, sistemas de esquadrias e dispositivos de sombreamento, enfatizando alguns dos sistemas mais utilizados/comuns e quais seriam os mais indicados para edifícios multipavimentos localizados em clima quente e úmido.

O capítulo 4 traz a caracterização do objeto de estudo deste trabalho, leia-se, Hospital Universitário Professor Alberto Antunes - HUPAA. São exploradas informações sobre a volumetria, sistema construtivo, exposição à insolação e à ventilação, além da climatização dos ambientes e o estado de conservação do edifício vertical.

Como resultado das observações dos capítulos anteriores, no capítulo 5 estão presentes os fundamentos para a proposta arquitetônica em conjunto com a proposta de retrofit para as fachadas do HUPAA.

Por fim, no capítulo 6, estão descritas as considerações finais, retomando os objetivos iniciais deste trabalho e apresentando suas respectivas sínteses de resolução.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os principais condicionantes climáticos a serem considerados no projeto de arquitetura em localidades de clima quente e úmido, a exemplo de Maceió-AL, onde se localiza o Hospital Universitário Prof. Alberto Antunes (HUPAA).

2.1. Estratégias de retrofit para fachadas de edifícios multipavimentos

Observar os aspectos climáticos do local onde um edifício será/está implantado é fundamental para elaborar as técnicas de sombreamento e de iluminação e ventilação naturais, de modo a reduzir o desconforto térmico de seus usuários. Se com o passar dos anos, uma edificação já não apresenta eficiência com relação aos aspectos climáticos como insolação e ventilação, ou esses aspectos não foram devidamente observados no ato projetual, existe a possibilidade de se utilizar uma técnica chamada “retrofit” para resolver essas questões. O termo “retrofit” vem da união de duas palavras: “retro” que em latim significa “voltar atrás, retroceder” e “fit” que vem do inglês onde significa “adaptação, ajuste”.

De acordo com Vale (2006), o retrofit teve início nos Estados Unidos e na Europa, mediante a necessidade de conservação do patrimônio histórico e arquitetônico - a rígida legislação não permitiu que o rico acervo arquitetônico fosse substituído - atrelada à falta de espaço para a construção de novos edifícios, abrindo espaço para o retrofit como ferramenta de solução para estes problemas urbanos. O mercado adotou o termo retrofit, por exemplo, para lidar com as obras de atualização tecnológica nos edifícios existentes, como aborda Daudén (2020). Existem escritórios especializados nesse tipo de prática, cujo trabalho reside na adequação das construções às normas técnicas locais, e adaptações para tornar os espaços funcionais e modernizados para responder às demandas contemporâneas. “[...] não se trata de reconstrução, pois esta implicaria em destruição. Busca-se, ao invés da destruição, o renascimento.” (VALE, 2006, p.127).

A melhoria do desempenho térmico de um edifício localizado em clima quente e úmido, com a utilização das técnicas do retrofit, pode se dar através da troca de revestimentos, com a utilização de cores mais claras na pintura e nos acabamentos para minimizar a absorção da radiação solar e na substituição dos dispositivos de sombreamento por modelos mais eficientes para promover a proteção solar e possibilitar a ventilação natural, constituídos por materiais resistentes, duráveis e com possibilidade de manutenção.

O retrofit está sendo uma realidade cada vez mais presente no Brasil, alguns exemplos notáveis de retrofit são: Hotel Fasano, Salvador-BA (figura 02); Farol Santander, São Paulo-SP (figura 03); Estádio do Maracanã, Rio de Janeiro-RJ (figura 04).

Figura 02: Hotel Fasano, Salvador-BA, antes e depois de passar por um retrofit.



Fonte: Alinefrota.com (2019).

Figura 03: parte da fachada do Farol Santander, São Paulo-SP, antes e depois de passar por um retrofit.



Fonte: Alinefrota.com (2019).

Figura 04: Maracanã, Maracanãzinho e entorno antes (2006) e depois (2013) do retrofit.



Fonte: fotografiasaereas.com (2013).

Geralmente essa técnica resulta em maiores custos do que demolir e construir um novo edifício. Entretanto, o retrofit bem feito, desde o planejamento até a execução, com uma mão-de-obra qualificada, pode diminuir expressivamente os gastos com manutenção ao longo da vida útil da construção. Então, por que não demolir e construir do zero para reduzir estes custos? No caso do HUPAA, uma das razões para a realização do retrofit das fachadas, é por se tratar de um hospital em pleno funcionamento, que necessitaria de um prédio reserva para se manter funcionando durante o período de reforma, sem contar o transtorno logístico dos pacientes. Além do mais, trata-se de um retrofit de fachadas e não de uma alteração nos ambientes internos ou do uso geral da edificação.

Cabe destacar, também, que “[...] a técnica do retrofit difere [...] da simples restauração, que consiste na restituição do imóvel à sua condição original, ou da reforma, que visa à introdução de melhorias, sem compromisso com suas características anteriores.” (VALE, 2006, p.128)

Geralmente, o retrofit surge da necessidade de reabilitar ou atualizar uma edificação (física e/ou tecnologicamente), por motivos de segurança, saúde, qualidade ou até mesmo para atender às exigências normativas atuais. Por ainda não existir uma norma específica para regulamentar os processos de retrofit, a NBR 15.575-4/2013 pode ser tomada como base para o exercício dessa atividade, por lidar com métodos de segurança e habitabilidade, ainda que seja afirmado explicitamente em seu escopo: “Esta Parte da ABNT NBR 15575 não se aplica a obras em andamento ou a edificações concluídas até a data da entrada em vigor desta Norma. Também não se aplica a obras de reformas nem de “retrofit” nem edificações provisórias.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 15575-4, 2013, p.1)

Essa Norma é dividida em 6 partes, são elas:

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Sistemas estruturais;
- Parte 3: Sistemas de pisos;
- Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Sistemas de coberturas;
- Parte 6: Sistemas hidrossanitários.

A Norma foi organizada a partir dos elementos do edifício levando em consideração as condições de implantação e as exigências dos usuários, definindo os requisitos (características qualitativas) aos quais se pretende atender, estabelecendo critérios (grandezas quantitativas) para esse atendimento e sua forma de avaliação.

Figura 05: resumo esquemático da estrutura da Norma.



Fonte: Associação Brasileira do Escritórios de Arquitetura - AsBEA (2016).

Segundo a Norma 15575-1, os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, tendo para cada um desses tópicos solicitações particulares e expressos pelos seguintes fatores:

1. Segurança

- Segurança estrutural
- Segurança contra o fogo
- Segurança no uso e na operação

2. Habitabilidade

- Estanqueidade
- Desempenho térmico

- Desempenho acústico
- Desempenho lumínico
- Saúde, higiene e qualidade do ar
- Funcionalidade e acessibilidade
- Conforto tátil e antropodinâmico

3. Sustentabilidade

- Durabilidade
- Manutenibilidade
- Impacto ambiental

É importante ressaltar que há uma diferença básica entre Normas prescritivas e Normas de desempenho. Na introdução da NBR 15575-1 (2013) diz que: as Normas prescritivas estabelecem requisitos com base no uso consagrado de produtos ou procedimentos, buscando o atendimento aos requisitos dos usuários de forma indireta. Como, por exemplo, a indicação das medidas ideais para a abertura dos vãos de janelas em determinados ambientes. Ainda no mesmo capítulo, a NBR 15575-1 (2013) traz informações acerca das Normas de desempenho, informando que: traduzem os requisitos dos usuários em requisitos e critérios, e são consideradas complementares às Normas prescritivas, sem substituí-las. A utilização simultânea delas visa atender aos requisitos do usuário com soluções tecnicamente adequadas. Como, por exemplo, a indicação dos níveis de temperatura ideais em determinados ambientes e os níveis (máximo e mínimo) de transmitância térmica em fachadas, sem prescrever os meios físicos para tais.

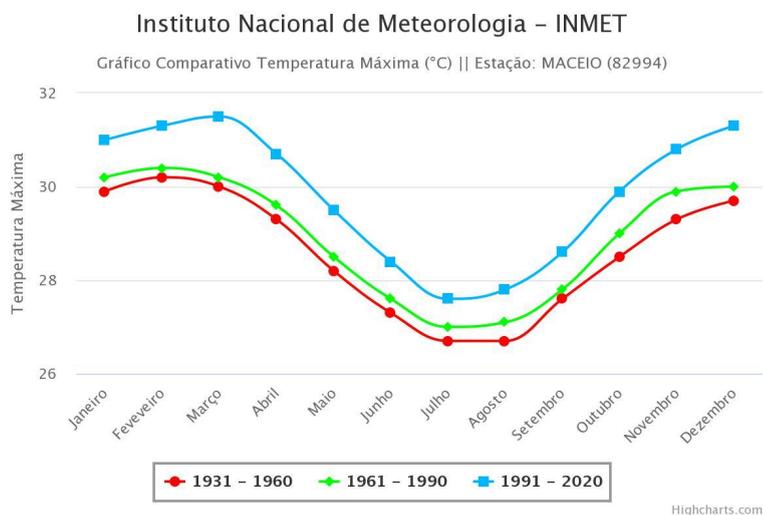
2.2. Condicionantes climáticos para o projeto de retrofit de fachadas

2.2.1. Temperatura e Umidade

A temperatura é um dos mais importantes fatores climáticos, pois é um dos que facilmente são percebidos pelas pessoas. Ela é influenciada por quase todos os fatores e elementos climáticos, como por exemplo a umidade, as massas de ar, a radiação solar, a latitude, e outros agentes atmosféricos. Regiões localizadas em altitudes elevadas e de latitudes próximas aos pólos costumam ser frias. Zonas equatoriais costumam ser mais quentes. As médias das temperaturas máximas, médias e mínimas, para diversas cidades brasileiras, são obtidas através de dados coletados no intervalo de 30 anos pelo INMET

(Instituto Nacional de Meteorologia), como demonstrado nas figuras 06, 07 e 08, que trazem dados acerca da cidade de Maceió.

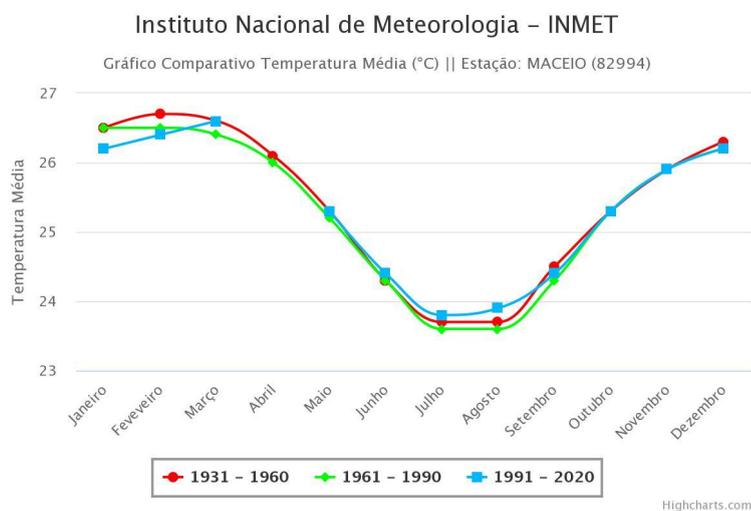
Figura 06: gráfico das médias das temperaturas máximas para a cidade de Maceió.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

Observando o gráfico da figura 06 percebe-se que as médias das temperaturas máximas anuais cresceram ao longo dos anos. A maior média encontrada no primeiro intervalo (1931-1960) foi de 30,2°C e ocorreu em fevereiro; no intervalo seguinte (1961-1990) subiu para 30,4°C e ocorreu no mesmo mês. Já no último intervalo (1991-2020) subiu para 31,5°C e ocorreu no mês de março. Quanto as temperaturas médias máximas mais baixas, ocorreram no mês de julho nos 3 intervalos, foram elas: 26,7°C (1931-1960); 27°C (1961-1990); 27,6°C (1991-2020).

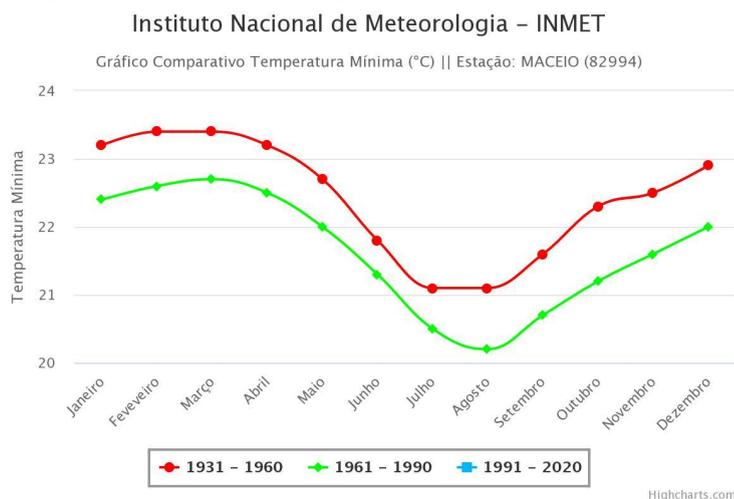
Figura 07: gráfico das médias das temperaturas médias para a cidade de Maceió.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

Observando o gráfico da figura 07 tem-se que as médias das temperaturas médias anuais mais altas foram: 27,6°C (1931-1960), mês de fevereiro; 26,5°C (1961-1990), mês de janeiro; 26,6° (1991-2020), mês de março. As médias das temperaturas médias anuais mais baixas foram: 23,7°C (1931-1960), meses de julho e agosto; 23,6°C (1961-1990), meses de julho e agosto; 23,8°C (1991-2020), mês de julho.

Figura 08: gráfico das médias das temperaturas mínimas para a cidade de Maceió.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

Observando o gráfico da figura 08 percebe-se a ausência dos dados referentes ao último intervalo analisado (1991-2020) das médias das temperaturas mínimas, os dados mais atuais disponíveis, são do intervalo anterior (1961-1990). As médias das temperaturas mínimas anuais mais altas foram: 23,4°C (1931-1960), meses de fevereiro e março; 22,7°C (1961-1990), mês de março. Já as médias das temperaturas mínimas anuais mais baixas foram: 21,1°C (1931-1960), meses de julho e agosto; 20,2°C (1961-1990), mês de agosto.

As temperaturas e a frequência das chuvas, dentre outros fatores, são decorrentes dos efeitos da umidade sobre o clima. Quanto maior for a umidade do ar, menor será a variação de temperatura, pois há uma baixa amplitude térmica (diferença entre a menor e maior temperatura) nesse caso. Em regiões mais úmidas, a frequência de chuvas tende a ser maior como consequência da saturação do ar, que provoca a condensação e, conseqüentemente, as precipitações.

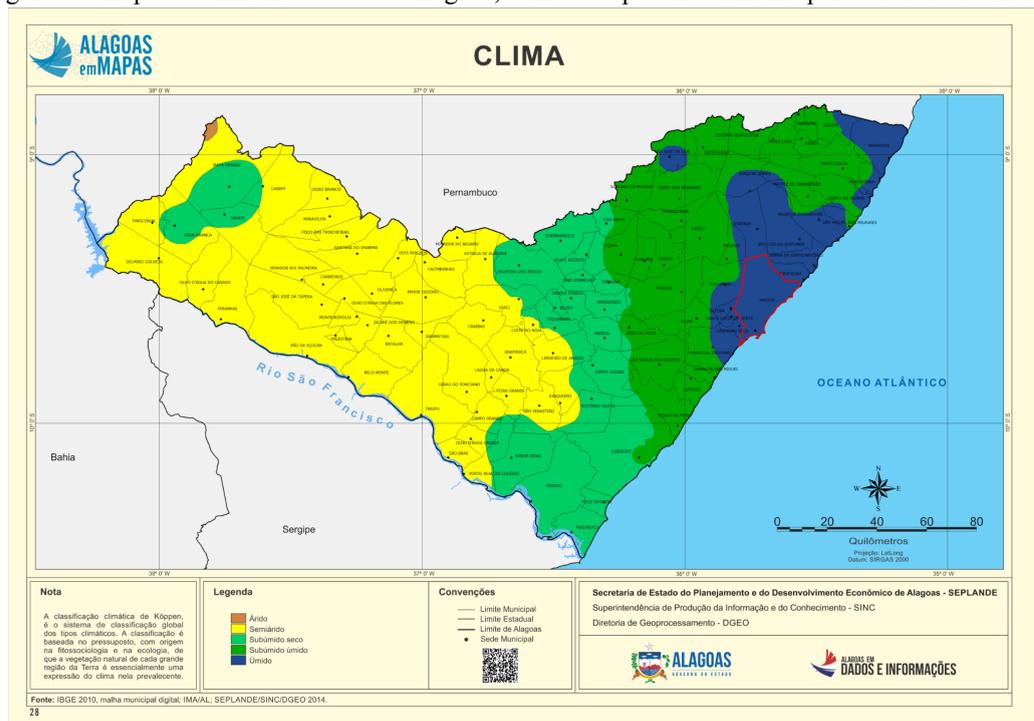
Por definição, entende-se umidade do ar (ou atmosférica) como a quantidade de água existente no ar no estado gasoso (vapor), diferente da umidade relativa do ar, que é a quantidade de vapor de água existente até o seu ponto de saturação, ou seja, até a quantidade

máxima possível de presença de água no ar antes que ela se precipite. A umidade absoluta do ar máxima é de 4%, a partir disso, as gotículas de água entram em ponto de orvalho e passam para o estado líquido em virtude de sua saturação. Com 4% de umidade absoluta, temos 100% de umidade relativa, ao passo que com 2% de umidade absoluta, temos 50% de umidade relativa do ar. Entre os fatores que determinam ou influenciam diretamente na quantidade de umidade existente em uma região, estão: maritimidade, influência do mar sobre as áreas litorâneas (regiões mais próximas ao mar tendem possuir a umidade do ar mais alta); movimentação das massas de ar; presença de vegetação em larga escala, que através da evapotranspiração emite grande quantidade de água para a atmosfera. (PENA, s.d.)

A umidade do ar também intensifica a sensação térmica nos ambientes, seja no frio ou no calor, por exemplo, em temperaturas elevadas, em razão da saturação do ar, a pele encontra maior dificuldade para evaporação do suor ocasionando a sensação de abafamento. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2022), o nível ideal de umidade relativa do ar para o organismo humano varia entre 40% e 70%.

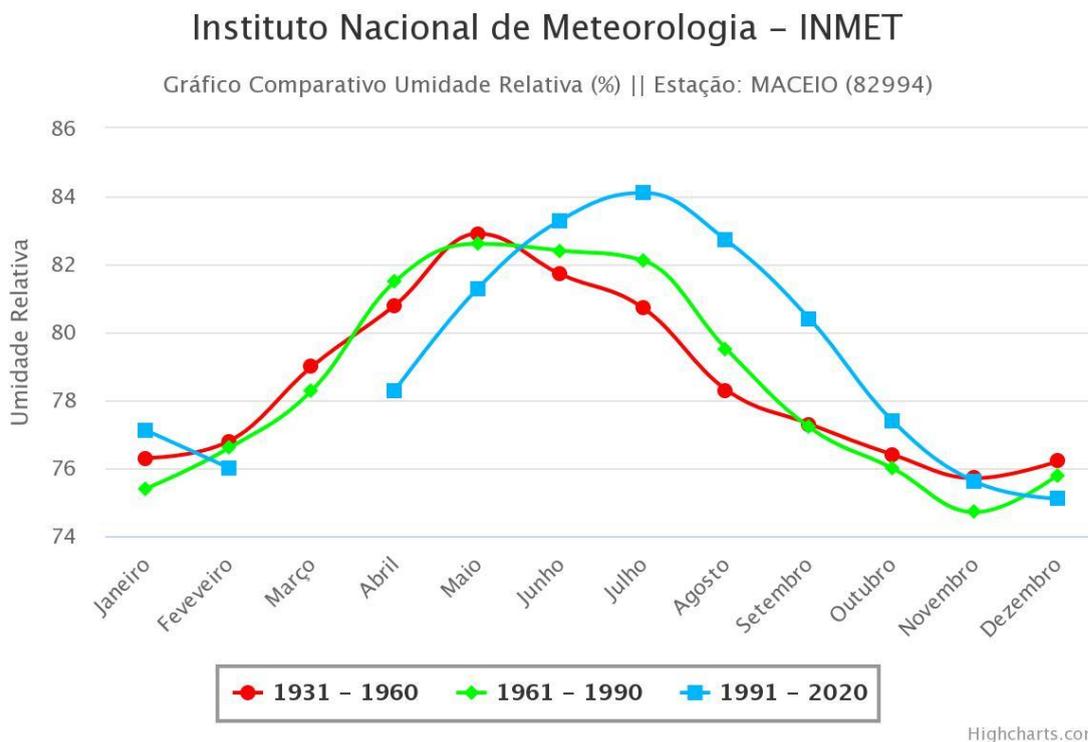
Maceió está entre as cidades litorâneas de Alagoas e seu clima é caracterizado como quente e úmido (figura 09), o que contribui para o aumento da umidade relativa do ar e uma menor variação diária de temperatura. Por isso a umidade pode sofrer alterações (como visto na figura 10) a depender da movimentação das massas de ar.

Figura 09: mapa do clima no estado de Alagoas, com destaque em vermelho para a cidade de Maceió.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE (2016), adaptado pelo autor (2022).

Figura 10: gráfico da umidade relativa do ar para a cidade de Maceió.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

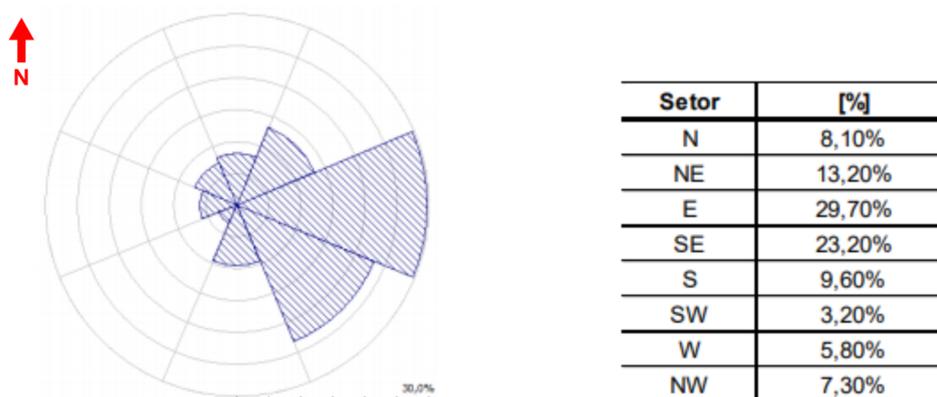
Analisando o gráfico (figura 10) percebe-se que a média máxima mais recente (1991-2020) da umidade relativa do ar para a cidade de Maceió, 84%, ocorre no mês de julho, enquanto a média mínima mais recente (1991-2020), 75%, ocorre no mês de dezembro. Percebe-se que houve um aumento em relação à média máxima anterior (1961-1990), que correspondia a 82% e ocorreu no mês de maio. Em relação à média mínima anterior (1961-1990), também identificou-se um aumento no intervalo mais recente, 74%, ocorreu no mês de novembro, em todas as séries históricas observadas a umidade relativa encontra-se acima do intervalo 40% - 70%, nível recomendado para o organismo humano, de acordo com a OMS.

2.2.2. Ventilação Natural

Na cidade de Maceió, o clima é caracterizado por ser quente e úmido. A ação simultânea das variáveis climáticas terá influência direta no espaço arquitetônico construído. A chuva acompanha o sentido dos ventos, por isso o projeto deve prever estratégias ou elementos de proteção para as paredes e esquadrias, que garantam sua estanqueidade.

Analisando a Rosa dos ventos (figura 11) tem-se que, na média anual para a cidade de Maceió-AL, as maiores frequências de ocorrência de vento ao longo do ano, estão associadas às direções Leste (29,70%) e Sudeste (23,20%).

Figura 11: rosa dos ventos média anual (de Maceió-AL) elaborada com os dados observados referentes ao período 2003 – 2012 através do modelo WASP e respectivas frequências por setor.



Fonte: Maia (2020), adaptado pelo autor (2021).

No caso das velocidades médias mensais (figura 12), destaque para os meses de dezembro (3,87m/s), novembro (3,86m/s) e outubro (3,55m/s), que apresentaram as maiores médias de velocidade dos ventos. As fachadas que possuem maior potencial para captação de ventilação natural, em Maceió, são as fachadas leste e sudeste.

Figura 12: velocidades médias mensais e anuais do vento (m/s) por setor, referentes ao período 2003-12 (para Maceió-AL).

Setor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2003-12
N	1,63	1,63	1,57	1,59	1,57	1,42	1,39	1,47	1,57	1,65	1,69	1,67	1,61
NE	2,34	2,21	2,01	1,89	1,86	1,67	1,55	1,63	1,87	2,4	2,53	2,57	2,25
E	4,12	3,79	3,57	3,2	2,95	2,83	3	3,33	3,88	4,15	4,8	4,74	3,93
SE	5,15	4,75	4,51	4,16	3,84	4,05	4,01	4,27	4,63	5,01	5,62	5,69	4,5
S	3,04	2,51	2,46	2,71	3,29	3,28	3,37	3,23	3,6	3,23	2,9	2,53	3,22
SW	1,21	0,98	1,17	1,53	2	1,84	1,85	1,76	1,66	1,44	1,07	1,12	1,75
W	1,3	1,3	1,39	1,59	1,87	1,77	1,83	1,6	1,56	1,45	1,48	1,24	1,69
NW	1,55	1,55	1,47	1,54	1,62	1,56	1,58	1,54	1,52	1,52	1,58	1,52	1,55
Média	3,51	3,2	2,92	2,71	2,68	2,83	2,91	3,12	3,48	3,55	3,86	3,87	3,21

LEGENDA: ■ VERÃO ■ OUTONO ■ INVERNO ■ PRIMAVERA

Fonte: Maia (2020), adaptado pelo autor (2021).

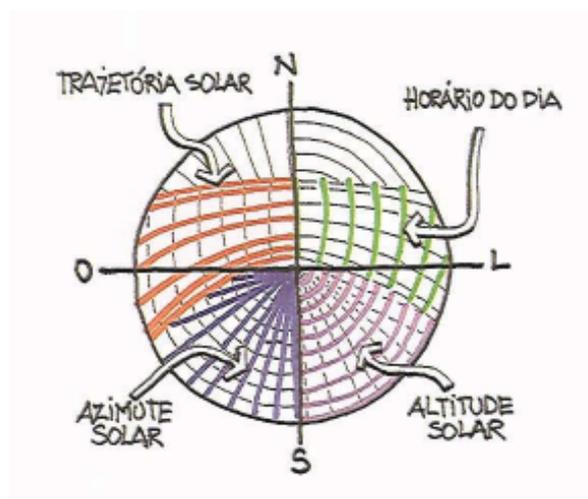
Deve-se ter atenção aos tipos de vedação (principalmente nas aberturas) e dispositivos de proteção (como beirais) voltados à essas orientações, para que no período chuvoso não haja grandes transtornos, já que a tendência é que a chuva acompanhe a direção predominante dos ventos.

Ao mesmo tempo que a ventilação natural e a direção dos ventos devem ser um fator a se considerar no quesito de proteção à vida útil das fachadas, é de grande importância tirar proveito da ventilação natural como estratégia de condicionamento térmico passivo dos ambientes internos de uma edificação. Por isso que a ABNT NBR 15220-3/2005 indica que as aberturas para ventilação, no caso da cidade de Maceió, precisam ser grandes.

2.2.3. Insolação

A implantação de um edifício, criação de aberturas, artifícios para sombreamento, uso de materiais isolantes e algumas outras decisões projetuais, estão diretamente relacionadas ao conhecimento do percurso do sol e sua incidência sobre o edifício. A radiação solar é a principal fonte de energia do planeta. Seja como fonte de calor ou como fonte de luz, o sol é um elemento de extrema importância no estudo do conforto térmico na arquitetura. A radiação solar possui o comportamento mais conhecido entre os elementos climáticos, basta identificar sua altitude e o azimute em uma carta solar para saber a posição do sol na abóbada celeste a qualquer momento do ano. “A posição do Sol na abóbada celeste pode ser definida através dos ângulos de altitude solar (γ) e de azimute solar (α), ângulos que variam de acordo com a hora do dia e período do ano.” (DUTRA; LAMBERTS; PEREIRA, 1997, p.30). (Figura 13).

Figura 13: ilustração de uma carta solar.



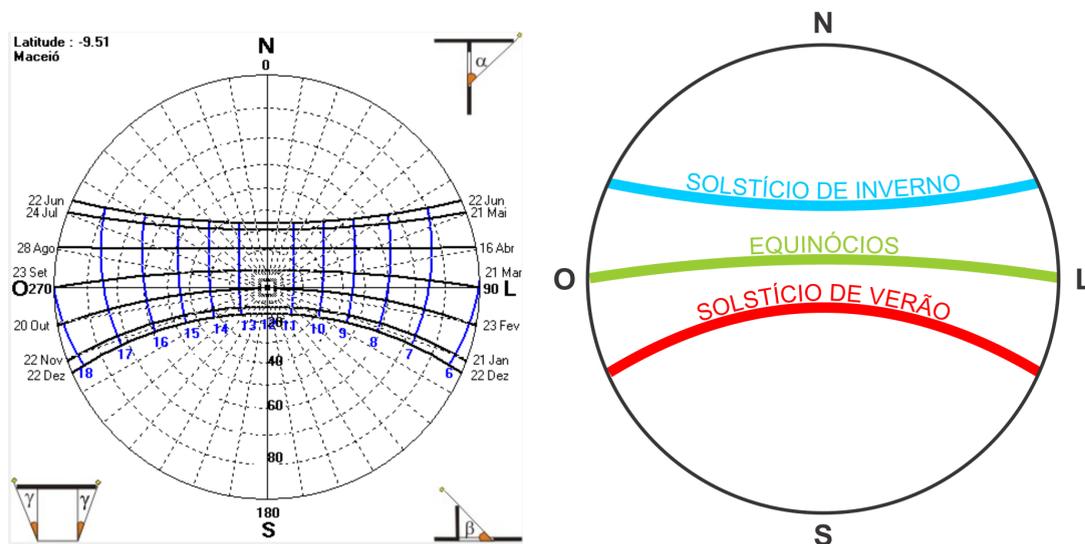
Fonte: Dutra, Lamberts e Pereira (1997).

Pode-se dividir a radiação solar em direta e difusa. Radiação direta, como o próprio nome sugere, é a parcela que atinge diretamente a Terra e sua intensidade depende da altitude

solar e do ângulo de incidência dos raios solares em relação à superfície receptora. Essa radiação é a principal responsável pelos ganhos térmicos em uma edificação. Radiação difusa é a parcela de radiação solar que sofre interferências antes de chegar à superfície receptora por difração nas nuvens e poeira em suspensão, podendo ser também aquela radiação advinda da reflexão nas superfícies no entorno da edificação, nesse caso, todas as fachadas de um edifício tenderão a receber a mesma quantidade de radiação advinda da abóbada celeste. (LAMBERTS et al., 2016)

Observando-se a carta solar de Maceió (figura 14) e tomando como base as fachadas voltadas à orientação norte, tem-se que durante os meses de março (equinócio), abril, maio, junho (solstício de inverno), julho, agosto e setembro (equinócio), há incidência de radiação solar direta desde o nascimento até o pôr-do-sol. De modo contrário, durante os meses de outubro, novembro, dezembro (solstício de verão), janeiro e fevereiro, não há incidência de radiação solar direta durante todo o dia. Para as fachadas voltadas à orientação sul o cenário se inverte durante todos os meses do ano, nos períodos em que a fachada norte recebe radiação solar durante toda a extensão do dia, a fachada sul não recebe radiação solar durante o dia todo, o contrário também é verdade.

Figura 14: carta solar da cidade de Maceió-AL e identificação dos solstícios e equinócios.



Fonte: Analysis SOL-AR 6.2 (2022) e elaboração autoral (2022)

As fachadas voltadas à orientação leste, durante todos os meses do ano, recebem a radiação solar direta desde o nascimento do sol até ao meio-dia (12h). De modo

complementar, as fachadas voltadas à orientação oeste, durante todos os meses do ano, recebem a radiação solar direta desde o meio-dia (12h) até o pôr-do-sol.

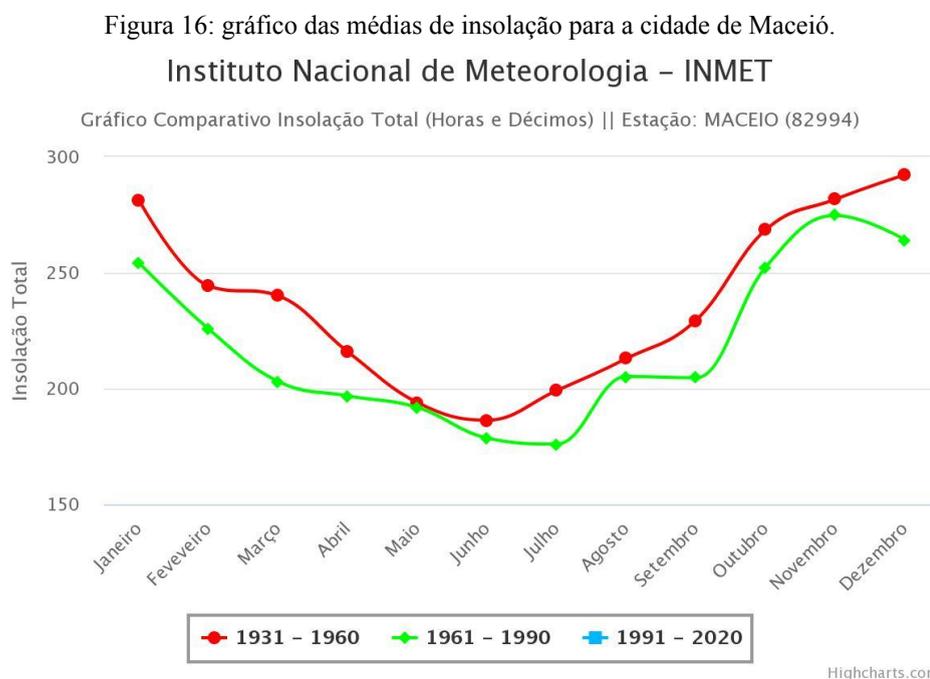
Mesmo com a radiação solar direta presente nas fachadas durante todo o ano, para a zona bioclimática 8, em que Maceió está inserida, é indicado que se tenha grandes aberturas para ventilação, devido a necessidade de promover o movimento do ar para o resfriamento fisiológico dos ocupantes, visando seu conforto térmico. Portanto, é fundamental que as aberturas para ventilação estejam adequadamente sombreadas para evitar ganhos de calor e ofuscamento.

Figura 15: tabela indicando aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 8.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Grandes	Sombrear aberturas

Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2005, p.10).

Os valores das médias mensais da insolação total, em horas, encontram-se ilustrados na figura 16.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

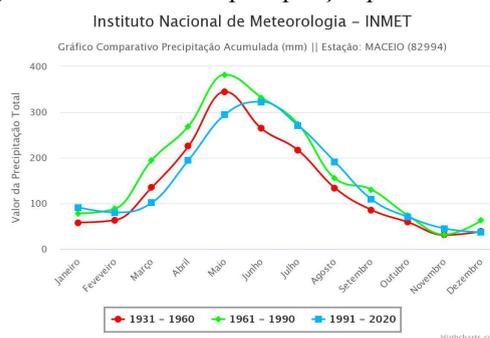
As maiores médias de insolação foram: 292,3h (1931-1960), mês de dezembro; 274,7h (1961-1990), mês de novembro. Já as menores médias de insolação foram: 186,3h (1931-1960), mês de junho; 176h (1961-1990), mês de julho. Apontando os meses que podem ser considerados os mais quentes do ano, pode-se tomar como base a proteção prevista para esse período, concluindo que nos outros meses a demanda de proteção será reduzida.

2.2.4. Precipitação

A precipitação é uma das três partes principais do ciclo da água no planeta (juntamente com a evaporação e condensação). Chama-se de precipitação quando qualquer líquido ou água congelada se forma na atmosfera e cai de volta na Terra, em forma de chuva, granizo ou neve. Segundo Melo Júnior (2010), a presença de água por umidade ou condensação permite uma maior adesão de sujeira nas fachadas. Sob a ação do escoamento destas superfícies muito sujas ocorre o lavado sujo, onde a água arrasta grandes quantidades de partículas, redepositando-as em planos verticais e inclinados. Segundo o autor, as regiões dos pavimentos superiores de um edifício estão mais expostas à ação da chuva dirigida pelo ângulo de incidência, propício a menor acúmulo de sujidades sobre as superfícies, diferentemente dos pavimentos inferiores, que, além de ter menor ângulo de incidência, são as áreas mais favoráveis à deposição de material particulado. Portanto, as fachadas podem vir a apresentar uma heterogeneidade quanto à deposição de partículas e o efeito de lavado.

A figura 17 apresenta o comportamento da precipitação acumulada ao longo dos anos, em Maceió. É possível identificar as épocas mais chuvosas e secas da região. O mês de maio se destaca como período chuvoso, na série histórica (1991-2020), com 322,8mm de precipitação média. Já o mês de dezembro se destaca como período mais seco, na série histórica (1991-2020), com 36,7mm de precipitação média.

Figura 17: gráfico das médias de precipitação para a cidade de Maceió.



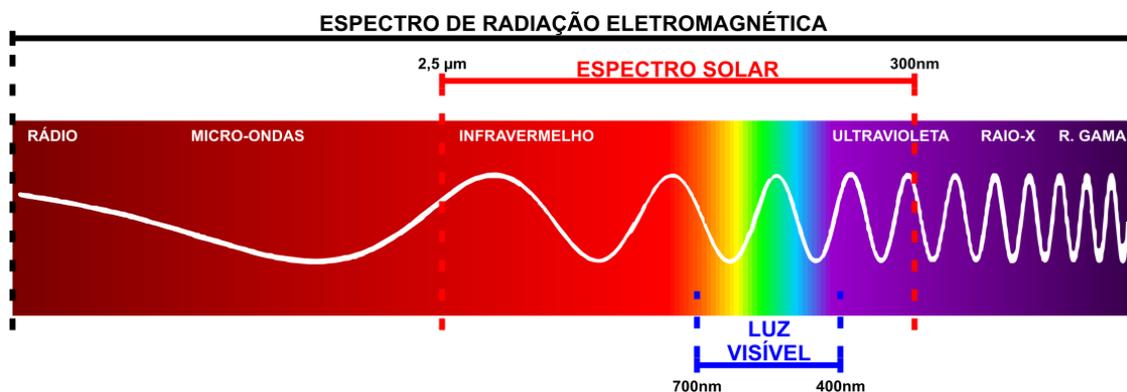
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2022).

Como conclusão, temos que, para a ventilação, tomar partido dos ventos leste e sudeste seria o ideal para uma edificação localizada na cidade de Maceió. Esses ventos podem ser captados/direcionados para os ambientes através de estratégias envolvendo dispositivos externos à edificação, tais como painéis ou barreiras posicionadas para essa finalidade. Para a insolação, deve-se tomar cuidado com as orientações oeste (que recebem radiação solar durante o ano todo, após o meio dia até o pôr-do-sol) e sul (que recebe radiação solar durante o dia todo no verão). Para isto pode-se tomar partido de quebra-sóis ou brises, por exemplo. No caso das chuvas, deve-se tomar cuidado com as fachadas mais ventiladas (leste e sudeste) no período de abril até julho (período mais chuvoso), pois os ventos podem direcionar as chuvas ocasionando infiltrações e umidade nos ambientes. Uma das soluções é executar um sistema de vedação eficiente nessas fachadas e evitar a utilização de materiais com alta porosidade ou característica hidrofílica (absorvedora de umidade).

2.3. Desempenho térmico de um edifício multipavimentos

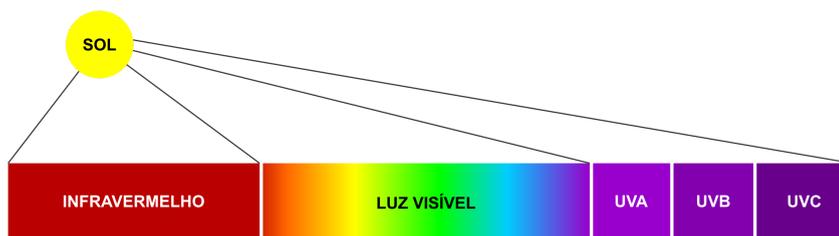
Os edifícios multipavimentos ganham calor através da envoltória de suas fachadas que recebem a radiação solar. O sol emite três diferentes tipos de radiação eletromagnética (figura 18), são elas: infravermelha, luz visível e ultravioleta (figura 19). Aquela responsável por fornecer calor aos edifícios, por meio do processo de radiação-condução-convecção (figura 20), é a radiação infravermelha.

Figura 18: espectro de radiação eletromagnética.



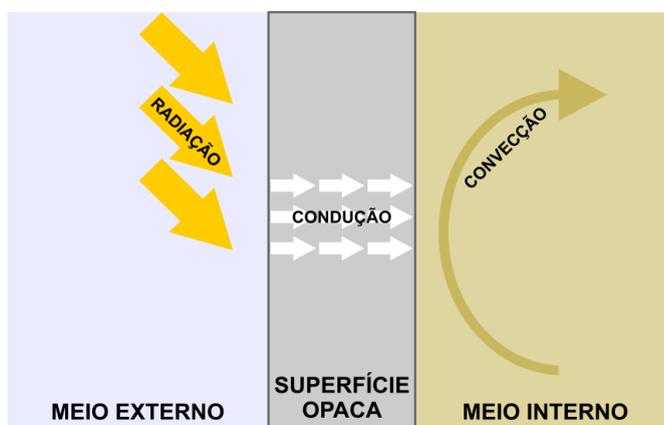
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 19: tipos de radiações solares.



Fonte: elaboração autoral (2022).

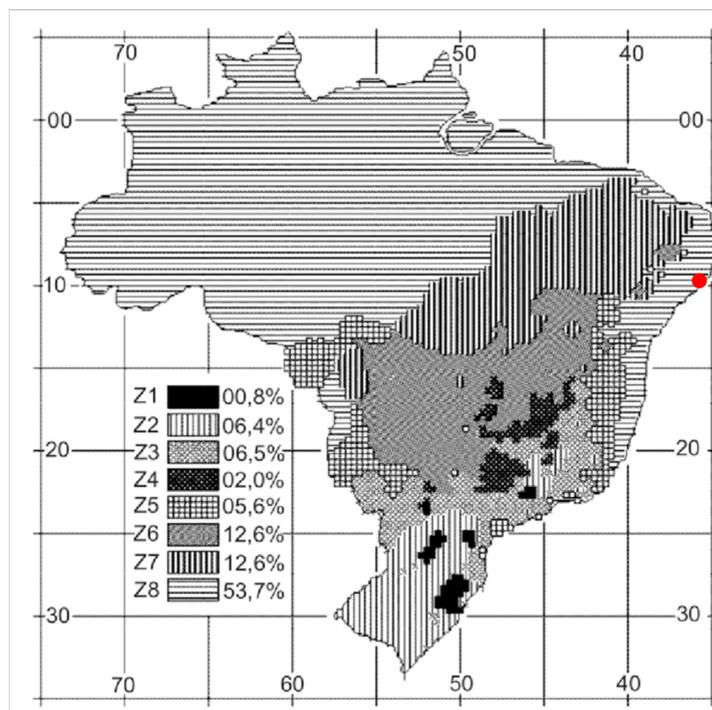
Figura 20: transmissão de calor do meio externo para o meio interno das edificações.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Em se tratando de retrofit de fachadas, a demolição completa para substituição dos sistemas de vedação vertical se torna demasiadamente onerosa. Caso haja necessidade de melhorar as propriedades térmicas da envoltória, pode-se recorrer à substituição dos revestimentos. Como referência, pode-se adotar a NBR 15575, que vai tratar das grandezas de desempenho térmico dos materiais que podem compor a vedação e cobertura das edificações. Grandezas como: transmitância (ou condutância) térmica, resistência térmica, capacidade térmica, fator solar de vidros e absorvância térmica. Os valores determinados para cada propriedade mencionada, dependerá da zona bioclimática (ZB) da cidade em que a edificação está inserida. A cidade de Maceió-AL faz parte da ZB 08 conforme mapeamento da ABNT NBR 15220-3 (figura 21).

Figura 21: mapa do zoneamento bioclimático brasileiro, com destaque (em vermelho) da cidade de Maceió-AL.



Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2005, p.1), adaptado pelo autor (2022).

Seguindo com as indicações da NBR 15575-1 (2013), tem-se, no caso do procedimento simplificado (ou normativo), “o atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 15575-1, 2013, p.1).

Quanto aos requisitos de adequação de paredes externas, a NBR 15575-4 (2021) informa que as paredes devem apresentar transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) que proporcionem pelo menos o desempenho térmico mínimo estabelecido para cada zona bioclimática (descritas na NBR 15220-3). Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas, na zona 8, são $U \leq 3,7\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ (para $\alpha \leq 0,6$) e $U \leq 2,5\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ (para $\alpha > 0,6$), conforme apresentado na tabela da figura 22. Para os valores admissíveis de capacidade térmica (CT) não há requisitos para a zona 8 (figura 23).

Figura 22: tabela indicando níveis máximos admissíveis de transmitância térmica de paredes externas, de acordo com as zonas bioclimáticas brasileiras.

Transmitância Térmica U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
^a α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2021, p.26), adaptado pelo autor (2022).

Figura 23: tabela indicando níveis admissíveis de capacidade térmica de paredes externas.

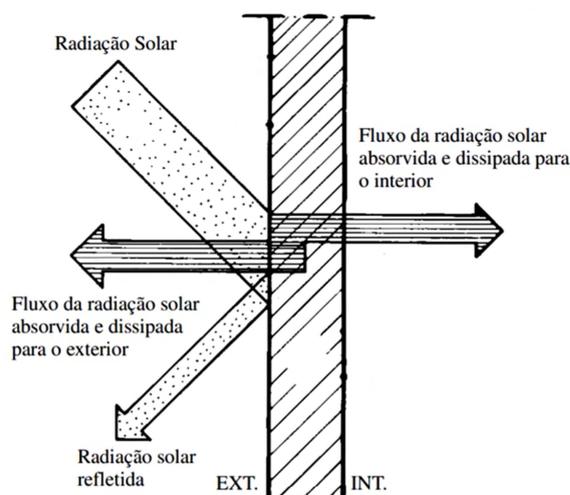
Capacidade térmica (CT) kJ / m ² .K	
Zona 8	Zonas 1,2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2021, p.26).

2.3.1. Envoltória e elementos de vedação opacos

As trocas de calor entre a envoltória das edificações e o meio externo ocorrem pelos processos de radiação, condução e convecção. Radiação, quando as ondas de luz e calor emitidas pelo sol atingem a face externa da edificação, transferindo calor para os materiais que a compõem; condução, quando os materiais componentes da face externa da fachada absorvem e conduzem energia térmica por meio de suas massas para o ambiente interno; convecção, quando a face interna da fachada dissipa a energia térmica em forma de calor para o ambiente interno, resultando em trocas com as moléculas de ar presentes no ambiente (figura 24). Quanto mais clara for a cor da face externa da fachada, menor a proporção de calor absorvido pela superfície. Ou seja, menor sua absorvância (capacidade de absorver o calor) e maior a sua refletância (capacidade de refletir o calor). (figura 25).

Figura 24: esquema ilustrativo de trocas de calor através de paredes opacas.



Fonte: FROTA e SCHIFFER (2001, p.42), adaptado pelo autor (2022).

Figura 25: valores de absorvância (α), específico de pintura.

Cor	(α)
branca	0,2 — 0,3
amarela, laranja, vermelha-clara	0,3 — 0,5
vermelha-escura, verde-clara, azul-clara	0,5 — 0,7
marrom-clara, verde-escura, azul-escura	0,7 — 0,9
marrom-escura, preta	0,9 — 1,0

Fonte: FROTA e SCHIFFER (2001, p.193).

A transmitância térmica (U) das fachadas de um edifício depende do sistema construtivo adotado para a vedação, pois sua composição, espessura e o tipo de materiais utilizados, de acordo com suas propriedades de resistência térmica (R) individuais, determinarão o valor final da transmitância térmica. A resistência térmica (R) de cada material construtivo é dada através da fórmula: $R = e / \lambda$, onde “ e ” representa a espessura do material, em metros, e “ λ ” representa o coeficiente de condutividade térmica do material em questão. O coeficiente de condutividade térmica (λ) dos principais materiais utilizados na composição de vedações de edifícios, pode ser encontrado nos anexos da NBR 15220-2/2003.

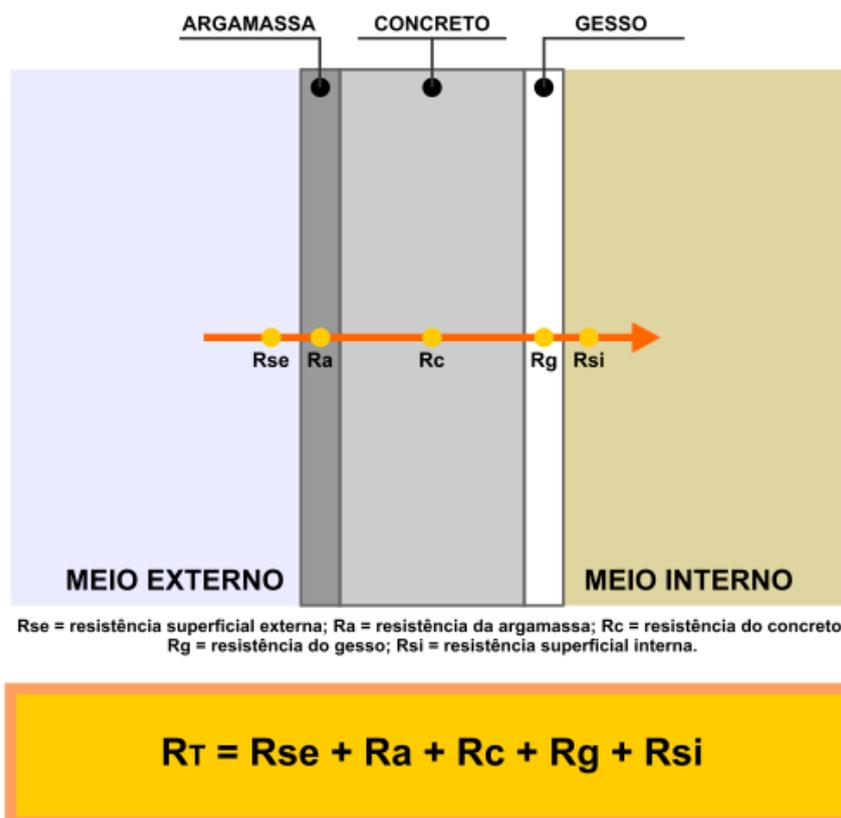
Figura 26: fórmulas de transmitância térmica (U) e resistência térmica (R).

FÓRMULA DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA	FÓRMULA DE RESISTÊNCIA TÉRMICA
$U = 1/R$	$R = e/\lambda$

Fonte: elaboração autoral (2022).

Através da soma das resistências térmicas (R) dos componentes da fachada, encontra-se o valor de resistência total (RT) e, em seguida, pode-se calcular o valor U, que é inversamente proporcional ao valor R encontrado.

Figura 27: esquema ilustrativo das resistências presentes na composição de uma parede opaca.



Fonte: elaboração autoral (2022).

As resistências superficiais interna (Rsi) e externa (Rse) estão descritas na página 7, da NBR 15220/1-2003, conforme vê-se na figura 28. Para o caso de fachadas, utiliza-se as resistências da direção horizontal do fluxo de calor. Desta forma, tem-se que a resistência superficial interna é de $0,13(m^2.K)/W$ e a resistência superficial externa é de $0,04(m^2.K)/W$.

Figura 28: resistência térmica superficial interna e externa de componentes construtivos com destaque para a direção horizontal.

$R_{si} (m^2.K)/W$			$R_{se} (m^2.K)/W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
⇒	↑	↓	⇒	↑	↓
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas / NBR 15220/1 (2003, p.7), adaptado pelo autor (2022).

O Anexo Geral V, da Portaria INMETRO N° 50/2013, ilustra alguns sistemas convencionais de vedação e traz o resultado do valor U para cada um deles (figuras 29 à 32), onde pode-se notar a diminuição na transmitância térmica das fachadas quando são adicionados elementos externos, como, por exemplo, o poliestireno e a placa de alumínio composto (ACM).

Figura 29: tipologias de paredes de blocos de concreto e respectivas propriedades térmicas.

	<p>Descrição: 1</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,78</td> <td>209</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,78	209
U	C_T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,78	209						
	<p>Descrição: 3</p> <p>Gesso interno (0,2cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,97</td> <td>159</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,97	159
U	C_T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,97	159						

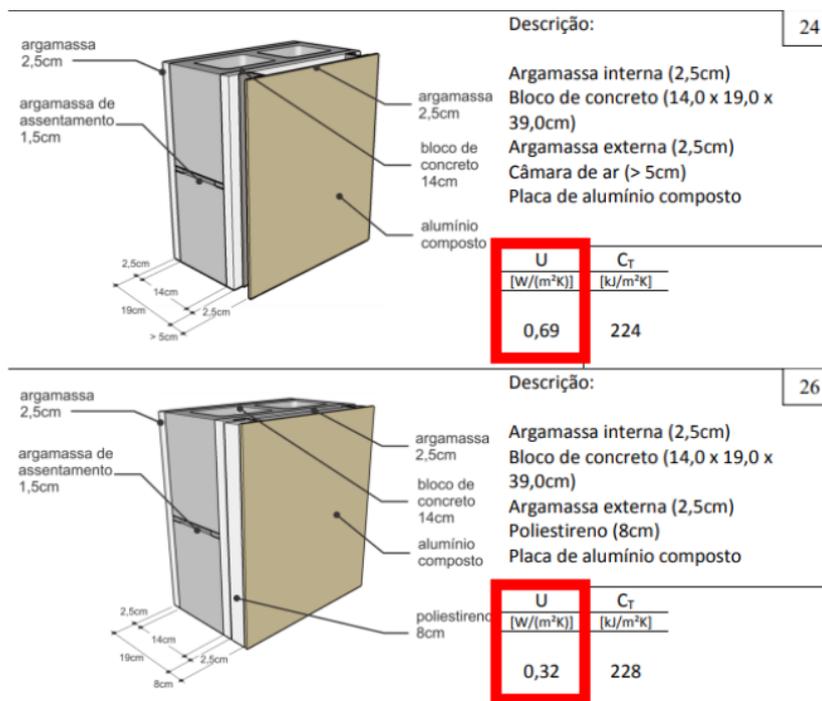
Fonte: Anexo Geral V, da Portaria INMETRO N° 50/2013 (2013), adaptado pelo autor (2022).

Figura 30: tipologias de paredes de blocos cerâmicos e respectivas propriedades térmicas.

	<p>Descrição: 9</p> <p>Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,46</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,46	150
U	C_T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,46	150						
	<p>Descrição: 11</p> <p>Gesso interno (0,2cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0 cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>U</th> <th>C_T</th> </tr> <tr> <th>[W/(m²K)]</th> <th>[kJ/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2,59</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	U	C_T	[W/(m²K)]	[kJ/m²K]	2,59	100
U	C_T						
[W/(m²K)]	[kJ/m²K]						
2,59	100						

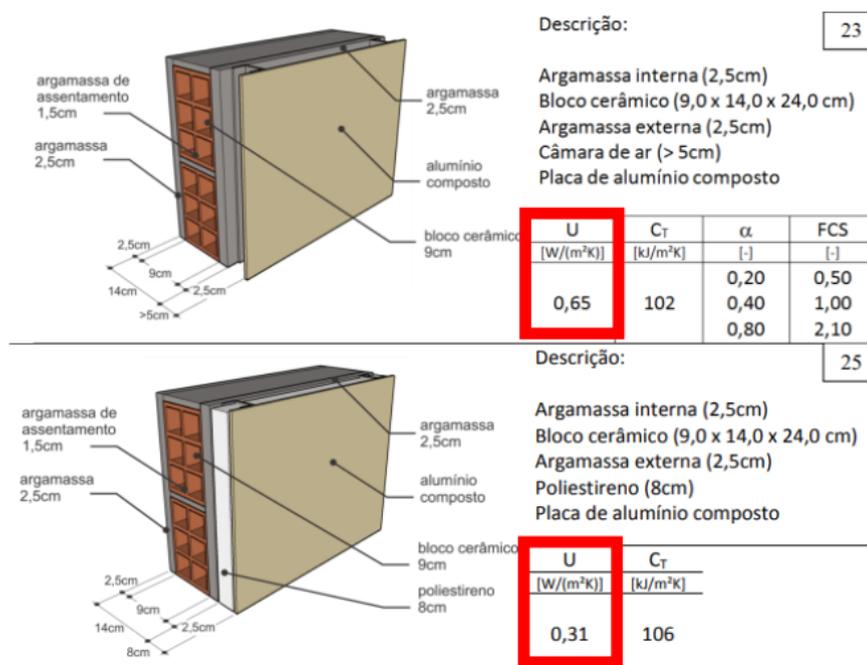
Fonte: Anexo Geral V, da Portaria INMETRO N° 50/2013 (2013), adaptado pelo autor (2022).

Figura 31: tipologias de paredes de blocos de concreto, com placa de alumínio composto e respectivas propriedades térmicas.



Fonte: Anexo Geral V, da Portaria INMETRO N° 50/2013 (2013), adaptado pelo autor (2022).

Figura 32: tipologias de paredes de blocos cerâmicos, com placa de alumínio composto e respectivas propriedades térmicas.

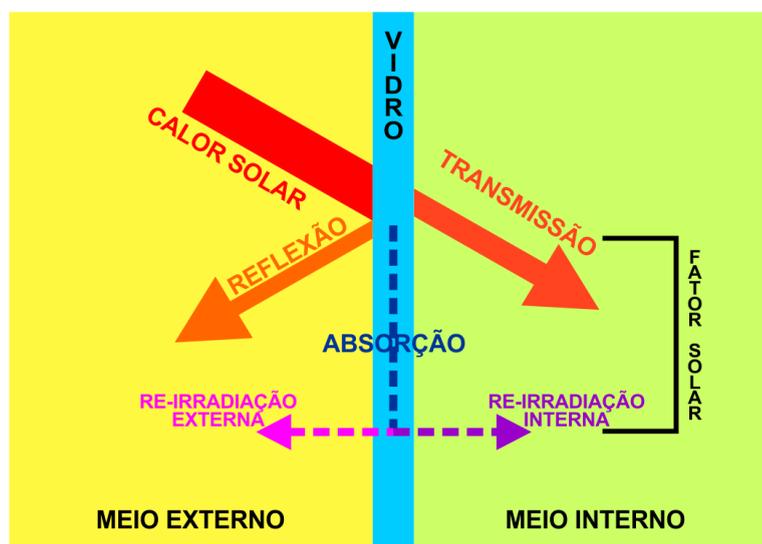


Fonte: Anexo Geral V, da Portaria INMETRO N° 50/2013 (2013), adaptado pelo autor (2022)..

2.3.2. Sistemas de esquadrias

No mercado, existe uma grande variedade de tipos de vidros, com diversas características térmicas, mecânicas e com diferentes espessuras. Dentre os fatores potencializadores da utilização do vidro estão a permeabilidade visual, baixa redução da iluminação natural, possibilidade de reciclagem (característica de sustentabilidade) e facilidade de oferta. A radiação solar emite ondas de luz e calor que, ao incidir sobre os vidros planos das fachadas, iluminam e aquecem os ambientes internos. A razão entre a quantidade de radiação solar que atravessa e a que incide na janela é chamada de fator solar (figura 33). (LAMBERTS et al., 2016).

Figura 33: propriedades térmicas do vidro.



Fonte: Elaboração autoral (2022).

Mediante informações expressas na NBR 7199/1989, são permitidos apenas vidros de segurança para utilização em fachadas, abrindo exceção para outros tipos de vidros quando colocados sobre peitoril de 1,10m de altura acima do térreo. São chamados vidros de segurança aqueles que, pelo seu processo de fabricação, o risco de ferimentos em caso de quebras é reduzido, a exemplo dos vidros temperados e laminados (figura 34). (SCE, 2019)

Figura 34: comparação dos comportamentos dos vidros após a quebra.



Fonte: PERIN (2020).

O vidro comum quebra facilmente e produz longas lâminas cortantes. O vidro temperado é mais resistente e, quando ocorre a quebra, os fragmentos são menos cortantes. O vidro laminado possui uma camada “plástica” entre dois vidros e não estilhaça, muito usado em pára-brisas de veículos e passarelas de vidro.

Os laminados, geralmente, são os mais utilizados em fachadas e aparecem no mercado com diferentes tratamentos compositivos, visando um melhor desempenho térmico das edificações. Existe uma variedade de composições de vidros para fachadas, dentre eles os vidros absorvedores de calor (insulados), vidros refletivos e os vidros de baixa emissividade (Low-e).

“O vidro insulado é composto por duas ou mais chapas de vidro unidas hermeticamente em suas bordas, com um espaçador metálico e uma câmara de ar entre elas, formando um conjunto unitário produzido sob medida para o local onde será instalado.” (WESTPHAL, 2022, p.24). Ele dificulta a transferência de calor de um ambiente para o outro devido à camada de ar existente entre as lâminas, que acaba se tornando um elemento isolante (pode-se utilizar outro tipo de gás nobre no lugar do oxigênio, mas não é muito comum).

O vidro refletivo resulta da aplicação de uma camada metalizada na chapa do vidro float (plano) ainda quente e sua aderência é feita pelo resfriamento do vidro, diferindo da aplicação de películas. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS, 2023). Sua principal característica é refletir parte do calor que chega ao vidro, para o lado externo da edificação, permitindo a entrada da luz visível no ambiente em maior proporção, quando comparado às películas de aplicação externa.

No processo de fabricação do vidro de baixa emissividade (Low-e), é depositada, sobre uma das faces, uma camada de óxido metálico. Sua principal característica é a redução da entrada de energia solar/calor nos ambientes internos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS, 2023). Sua vantagem, comparado aos vidros refletivos, é que os vidros com a película Low-e refletem menos luz visível para o externo da edificação.

Os vidros comuns, geralmente, possuem fator solar (FS) de 0,87, isto significa dizer que de 87% do total da radiação solar incidente no vidro ultrapassa para os ambientes internos, parte dela sob a forma de calor. Já os vidros de alto desempenho, também conhecidos como vidros de controle solar, podem chegar a números de FS muito abaixo de 0,87. (WESTPHAL, 2022, p.49).

2.3.3. Dispositivos de sombreamento

Pode ser considerado dispositivo de sombreamento qualquer elemento que possua massa o suficiente para impedir a passagem de radiação solar direta, de forma total ou parcial, para um determinado local. Esses elementos podem ser naturais-vivos - como no caso da vegetação. No entanto, embora, seja um dos elementos com maior capacidade de alterar o microclima local, não são a melhor opção quando se busca controle e precisão maiores sobre o dispositivo de sombreamento, pois a vegetação sofre modificações quase que diariamente causadas pelo tempo, além de modificar-se consideravelmente por influência das estações do ano.

Projetar em um país onde o clima é predominantemente equatorial ou tropical implica em tomar decisões que diminuam a sensação de calor nos espaços internos da edificação. Como exemplo de dispositivos de sombreamento, que conferem maior possibilidade de controle da insolação estão os toldos, pergolados, marquises e brises. Este último está entre os mais utilizados em grandes projetos no Brasil, podendo ser encontrado em diversas cores, materiais e formas. A versatilidade, a funcionalidade e as possibilidades estéticas do brise-soleil são características que encorajam arquitetos, ainda mais no contexto brasileiro (figura 35), a utilizá-lo em seus projetos, pois funciona como uma espécie de “meio termo” entre abertura e fechamento, controlando a entrada de iluminação sem impedir a ventilação.

Os brises foram bastante explorados como solução arquitetônica no século XX, quando se apresentavam como elementos fixos, geralmente em concreto armado. Hoje é possível encontrar uma grande variedade de tipos de brise-soleil, que vão de sistemas fixos, podendo derivar da estrutura do edifício, a painéis e/ou lâminas móveis, que podem ser controlados manualmente ou

através de sistemas automatizados. A depender da orientação do edifício e do estudo da carta solar, é possível também optar por elementos verticais ou horizontais. (MOREIRA, 2019)

Figura 35: combinação de brises horizontais e verticais no Min. de Educação e Saúde / Lucio Costa e equipe.



Fonte: ArchDaily (2013).

Também estão entre os dispositivos de sombreamento os painéis compostos por membranas têxteis tensionadas, que, apesar de não sombrear 100%, oferecem alguma redução na carga térmica recebida por ele, através dos filtros presentes em sua composição. O sistema pode ser montado na própria obra ou pré-montado em fábrica. São fabricados em alumínio e os perfis são fixados à construção através de suportes especiais de fácil instalação, resultando em uma obra mais limpa (figura 36).

Figura 36: fachada com aplicação de membrana têxtil no Centro de Educação Profissional Senac Turismo e Gastronomia, Campo Grande (MS).



Fonte: Revista Projeto (2019).

A membrana utilizada para a produção de painéis, são de empresas especializadas em membranas de alto desempenho para proteção solar. Composta por fios de poliéster de alta tenacidade recobertos por PVC, ela tem microfuros que permitem a circulação de ar e a passagem de luz, podem apresentar fator de abertura variáveis, de acordo com o modelo da

membrana, 14% e 28% são algumas das opções. De acordo com Bessa et al. (2011), a vida útil da membrana está fixada entre 15 e 20 anos, mas o tecido pode ser substituído a qualquer momento. Leve e resistente, o sistema de fachada tensionada protege o interior contra intempéries, enquanto assegura passagem de ar e conforto térmico. Por falar em leveza, o peso desse material, considerando estrutura e membrana têxtil, é de cerca de 15 kg/m². (figura 37).

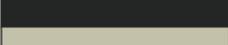
Figura 37: tecnologia presente na membrana têxtil de uma fabricante.



Fonte: Serge Ferrari (s.d.).

As membranas também conferem propriedades retardantes à chamas, permitem uma boa visibilidade para o ambiente externo e oferecem a possibilidade de várias combinações de formas e cores, entretanto a depender da cor utilizada, as propriedades térmicas e lumínicas das membranas sofrem alterações, conforme mostra a figura 38, legendada na figura 39.

Figura 38: propriedades solares e luminosas presentes na membrana têxtil de uma fabricante.

		TS	RS	AS	TV n-h	g_{ext}^e
381-3101		30	27	43	28	0,17
381-3105		29	19	52	29	0,17
381-3108		27	10	63	27	0,17
381-3109		28	37	35	28	0,15
381-3111		28	21	51	27	0,16
381-3113		27	9	64	27	0,17
381-3117		27	26	47	27	0,16
381-3118		28	30	42	28	0,16
381-3119		30	41	29	29	0,15
381-3120		28	6	66	28	0,18
381-3121		28	31	41	28	0,16
381-3123		29	34	37	28	0,16
381-3124		28	28	44	27	0,16
381-3125		27	20	53	28	0,16
381-3127		27	29	44	28	0,15
381-3128		28	40	32	27	0,15
381-50708		32	56	12	31	0,15

Fonte: Serge Ferrari (s.d.).

Figura 39: legenda da figura 38.

TS: Transmissão solar (%)
RS: Reflexão solar (%)
AS: Absorção solar (%)
TS + RS + AS = 100% da energia incidente
TV n-h: Transmissão hemisférico-normal de luz visível (%)
g_{tot}^e: Fator solar externo, Revestimento Tipo "D": revestimento duplo isolante, levemente emissivo na posição 2 (4 + 16 + 4; preenchido com argônio - $g=0,32$ - $U=1,1$)

Fonte: Serge Ferrari (s.d.).

2.3.4. Dispositivos de geração de energia solar

Até o presente momento, os dispositivos mais conhecidos para captação de energia solar são as placas solares e os painéis fotovoltaicos. As placas solares também são conhecidas como aquecedor solar térmico e o principal objetivo é captar o calor solar para aquecer a água que será utilizada nas edificações. As placas funcionam captando calor por meio dos coletores solares térmicos, que são compostos por cobre e alumínio, para que

possam oferecer uma maior absorção da radiação solar. Após a captação, o calor é conduzido para um reservatório térmico, permitindo, assim, o aquecimento da água.

Os painéis fotovoltaicos são formados por placas de metal compostas por células fotovoltaicas e materiais semicondutores, como o silício - um elemento que absorve a luz solar e a converte em energia. Após captar a luz solar, os painéis a transformam em energia elétrica. A energia capturada pelos raios solares é transportada para um equipamento denominado inversor, que tem como principal objetivo converter a energia gerada em corrente contínua para corrente alternada, possibilitando seu consumo nas edificações.

Para um projeto de retrofit de fachadas, a geração de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos podem se transformar em redução de custos. Porém, os painéis fotovoltaicos, podem não apresentar um nível de transparência satisfatório, culminando na redução da luminosidade dos ambientes internos, o que dificulta a aplicação direta em janelas e fachadas de prédios para geração de energia elétrica limpa.

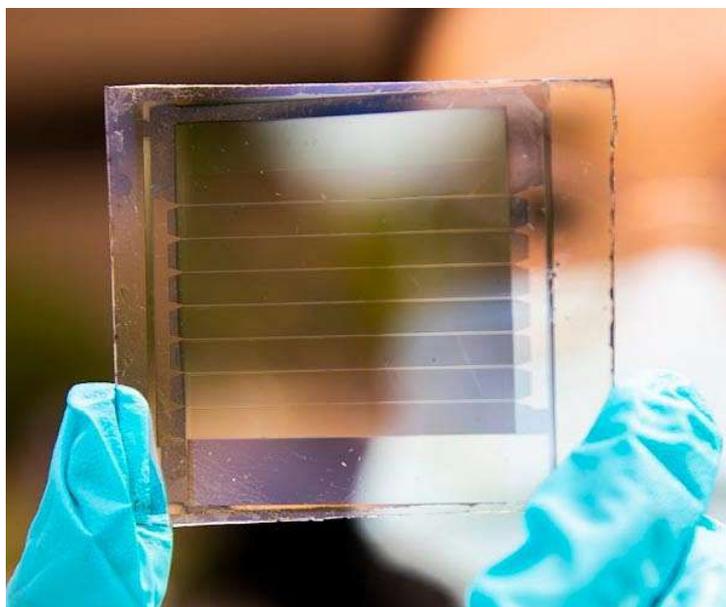
“A solução pode vir através das células fotovoltaicas orgânicas (OPVs), que têm o potencial de se tornar uma tecnologia produtiva de energia renovável se os requisitos de baixo custo, alta eficiência e vida útil prolongada forem atendidos simultaneamente.” (LI, HUANG, DING, et al., 2021). Pesquisadores da Universidade Estadual de Michigan, nos EUA, desenvolveram um novo projeto de células solares transparentes de alta eficiência, com uma vida útil que supera os 30 anos. Eles conseguiram evitar que os materiais orgânicos usados na conversão de luz se degradassem rapidamente durante o uso. Os materiais orgânicos, usados na conversão de luz, transferem os elétrons gerados para os eletrodos do circuito, que usam e armazenam a energia solar, são materiais conhecidos como “aceitadores não fulerenos”, incorporam enxofre em sua estrutura e podem atingir quase a mesma eficiência energética do silício (utilizado nos painéis tradicionais). Os pesquisadores mostraram, através de testes em laboratório, que no material de conversão solar sem proteção, a eficiência energética caiu para menos de 40% de seu valor inicial em 12 semanas, impedindo a sua aplicação durante longos ciclos de exposição em painéis fotovoltaicos. “Os aceitadores não fulerenos causam uma eficiência muito alta, mas eles contêm ligações muito fracas que se dissociam facilmente sob os fótons de alta energia, especialmente os com radiação ultravioleta comuns na luz do Sol” (LI, HUANG, DING, et al., 2021).

Segundo Li, Y., Huang, X., Ding, K., et al. (2021), para resolver o problema, aumentando a durabilidade das células solares, os cientistas adicionaram uma camada de óxido de zinco no lado do vidro que permaneceria voltado para o sol, bloqueando a luz ultravioleta. Ainda acrescentaram uma película de proteção de fulereno nos espaços deixados

pelos elétrons, aumentando a absorção de energia. Os cientistas testaram o novo sistema de proteção em diferentes níveis de intensidade de luz solar, projetando o índice de degradação do material, eles calcularam que as células solares protegidas permaneceriam funcionando por, aproximadamente, 30 anos e com uma eficiência energética próxima dos 80%.

Na ocasião do estudo (2021) o módulo de transparência do dispositivo já era de 40% (figura 40). Mas já havia a expectativa de atingir um nível superior a 60% de translucidez em painéis fotovoltaicos de alta eficiência. Isso significa utilizar OPV em janelas comuns, sem prejudicar o visual de projetos arquitetônicos.

Figura 40: módulo de transparência do material, observado no retângulo central da lâmina de teste.



Fonte: Reprodução University of Michigan.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A elaboração da proposta de retrofit das fachadas do HUPAA foi embasada em pesquisa de campo, que se deu por meio da observação in loco do objeto de estudo, de registro fotográfico, obtenção de relato de usuários e simulações através de softwares, como o SOL-AR 6.2 (LABEEE, 2023), com a finalidade de identificar as fraquezas e potencialidades da edificação, com relação ao desempenho térmico das fachadas. Quanto ao referencial teórico que forneceu embasamento para a proposta, foram utilizadas normas técnicas brasileiras, dentre elas a NBR 15575-4/2021 e estudos de autores renomados no âmbito do conforto ambiental, como Roberto Lamberts.

Observou-se a volumetria e o sistema construtivo do edifício, para quantificar as propriedades termofísicas das fachadas do edifício vertical do HUPAA.

Observou-se a orientação das fachadas, de acordo com os pontos cardeais, para verificar os níveis de exposição à radiação solar, utilizando o software SOL-AR 6.2 (LABEEE, 2023) para confecção de máscaras de sombra das aberturas e à ventilação, considerando-se os ventos predominantes em Maceió: sudeste e leste.

Fez-se um levantamento dos ambientes que possuem o auxílio da climatização artificial (ar-condicionado) e quais os tipos de aparelhos, com o intuito de ponderar a eficiência das estratégias de sombreamento passivas atuais e, no caso de precisar permanecer com o sistema de condicionamento mecânico, recomendar qual seria o tipo adequado.

Por último, observou-se o estado de conservação atual do edifício, buscando encontrar patologias presentes nas fachadas que reforcem a necessidade de uma atualização dos materiais e técnicas aplicadas, por meio do retrofit.

Reunindo-se todas as informações aqui citadas, foram definidas as estratégias projetuais incorporadas na proposta de retrofit. Nos tópicos a seguir, serão detalhados os procedimentos metodológicos e respectivos resultados alcançados.

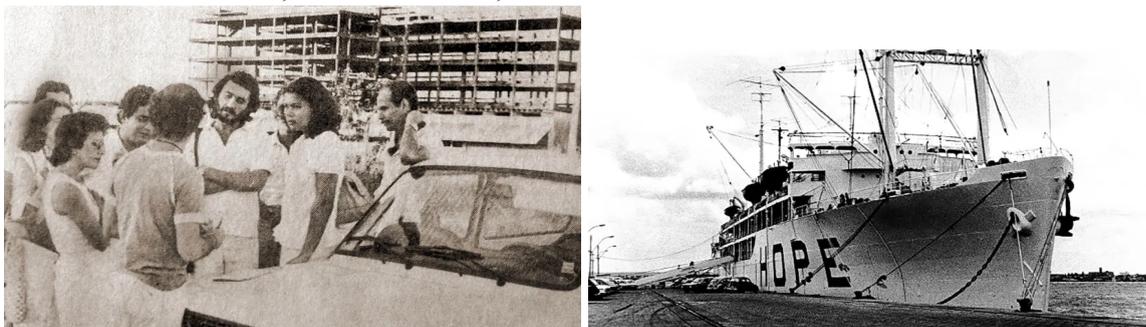
3.1. Caracterização do objeto de estudo

Com a criação da Faculdade de Medicina, em 1950, foi iniciado o projeto de construção do Hospital Universitário. A princípio, o projeto elaborado destinava-se à construção do Hospital das Clínicas, mas, quando a Faculdade de Medicina passou a fazer parte da UFAL, foi elaborado um outro projeto. As obras foram iniciadas na década de 1960,

mas só foram concluídas em 1992, pois passou alguns anos com a sua construção paralisada. (TICIANELI, 2019).

Apesar das obras só terem sido concluídas em 1992, a data oficial da fundação do HU é de outubro de 1973, quando aportou em Maceió o Navio-Hospital SS HOPE (figura 41), procedente dos Estados Unidos. Resultado de um intercâmbio científico entre a Universidade Federal de Alagoas, Secretaria de Estado da Saúde e a Universidade de Harvard (EUA), a vinda do navio a Maceió impulsionou o início das atividades no hospital, que está funcionando até hoje, no mesmo local: Av. Lourival Melo Mota, S/N – Tabuleiro do Martins – Maceió - AL (figura 42), ocupando um lote de mais de 75.000m² de área total e aproximadamente 38.000m² de área construída. (TICIANELI, 2017)

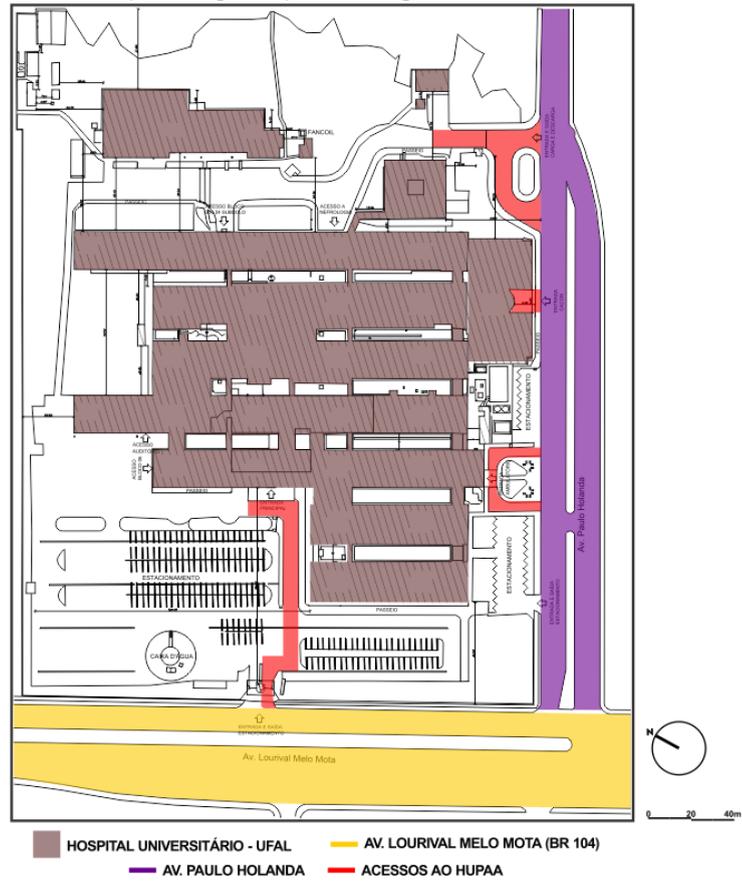
Figura 41: à esquerda, estudantes de Medicina da UFAL, com as obras de expansão do Hospital Universitário ao fundo, em 1980. À direita, navio-escola HOPE no Porto de Maceió



Fonte: Ticianeli (2019), (2017).

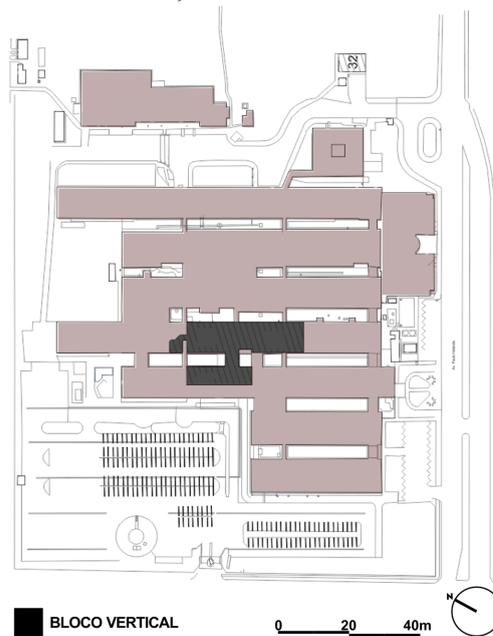
A edificação possui parte da área construída em blocos horizontais e parte em edifício vertical multipavimentar (figura 43).

Figura 42: planta de situação e implantação do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes.



Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

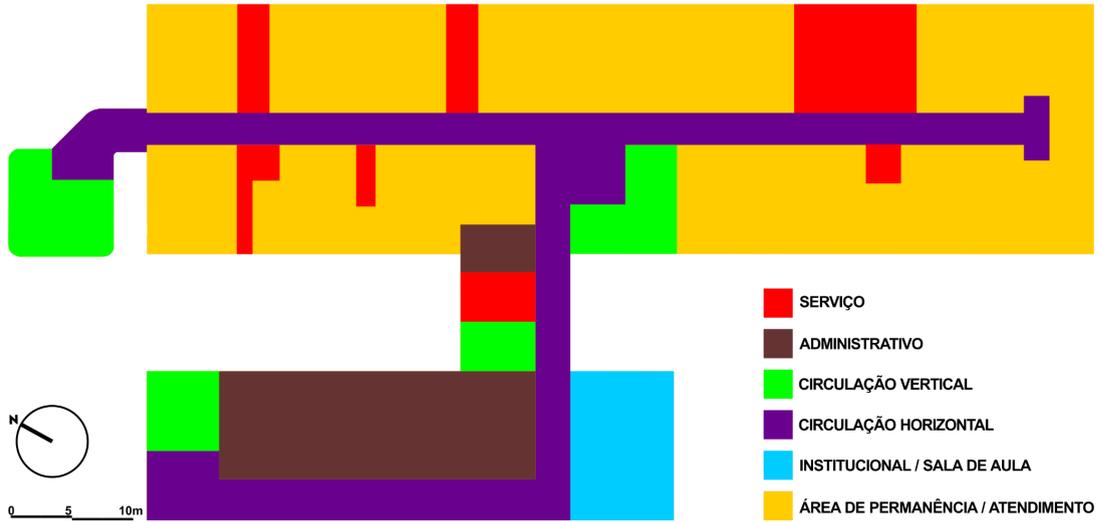
Figura 43: identificação do edifício vertical do HUPAA.



Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

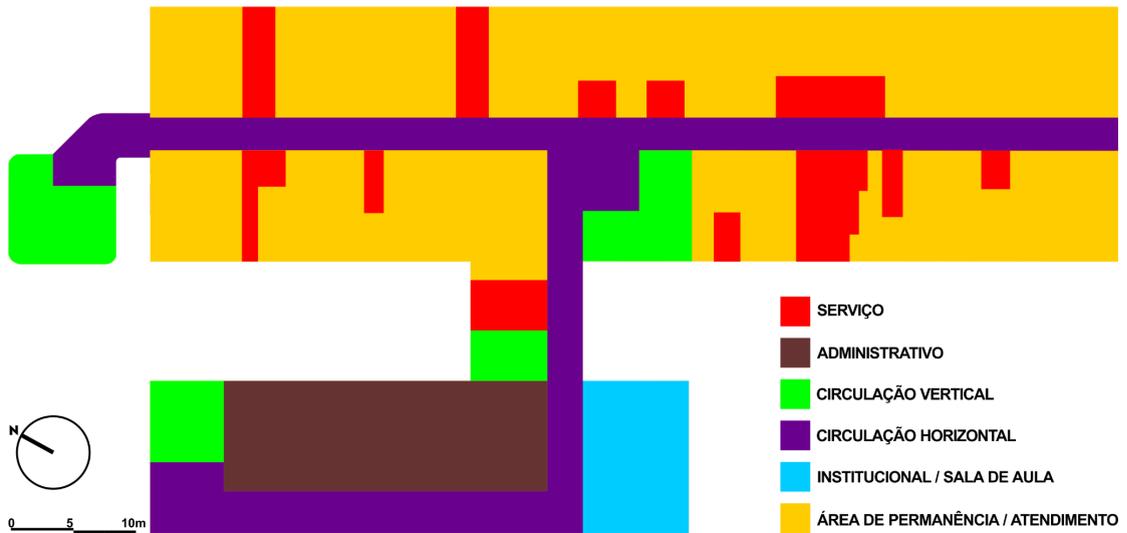
As figuras 44 a 50 apresentam a setorização dos ambientes do 2º até o 6º pavimento, bem como a setorização da cobertura e a planta de coberta do bloco vertical do HUPAA.

Figura 44: setorização do 2º pavimento do bloco vertical do HUPAA.



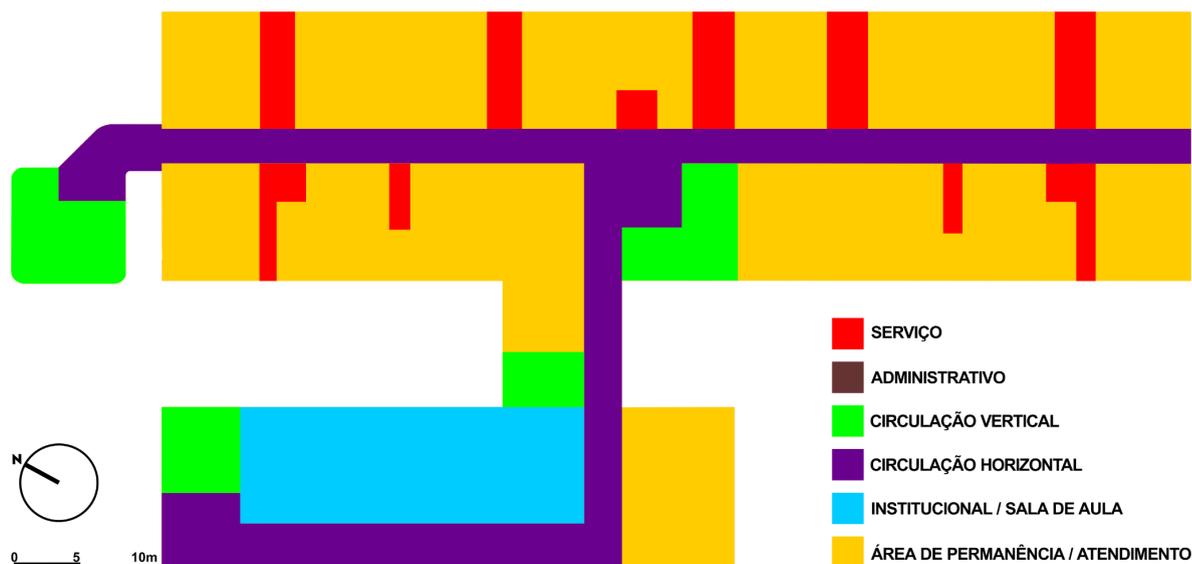
Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 45: setorização do 3º pavimento do bloco vertical do HUPAA.



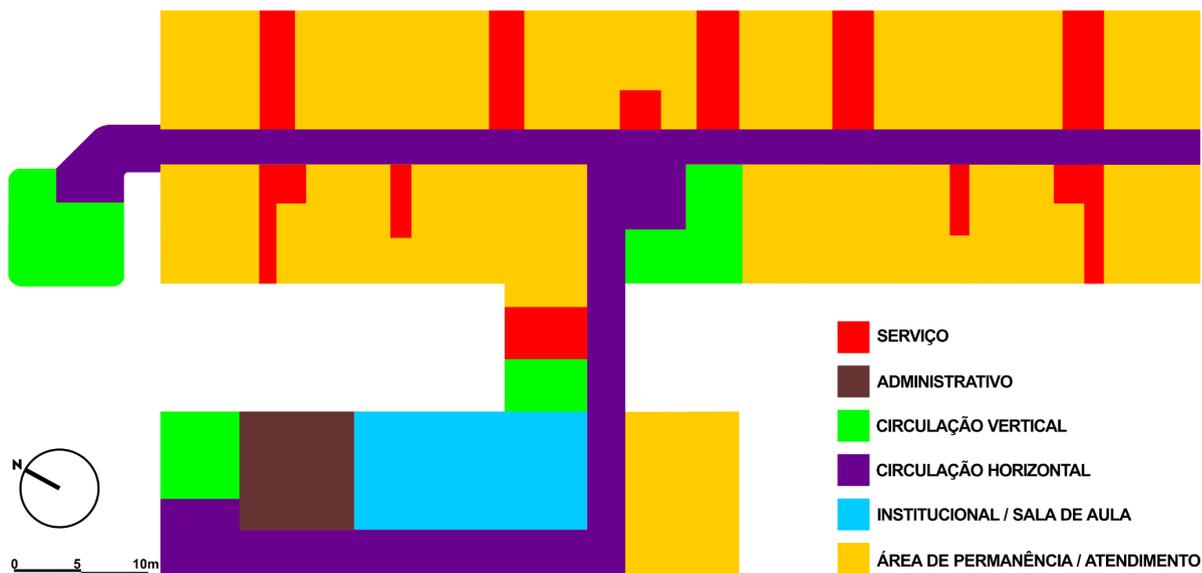
Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 46: setorização do 4º pavimento do bloco vertical do HUPAA.



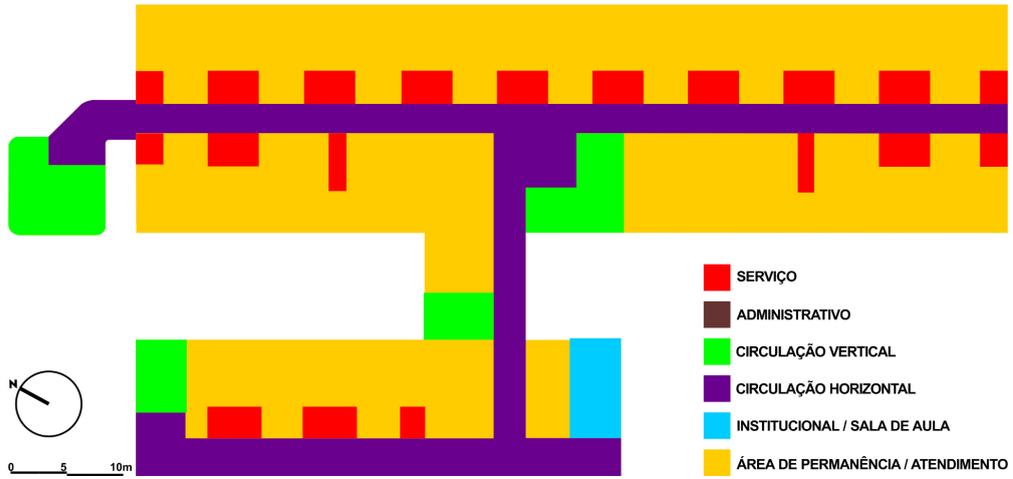
Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 47: setorização do 5º pavimento do bloco vertical do HUPAA.



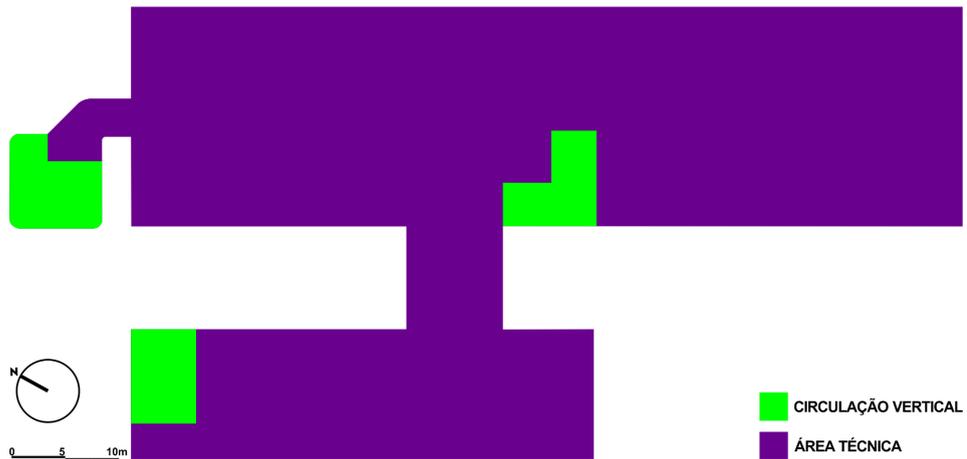
Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 48: setorização do 6º pavimento do bloco vertical do HUPAA.



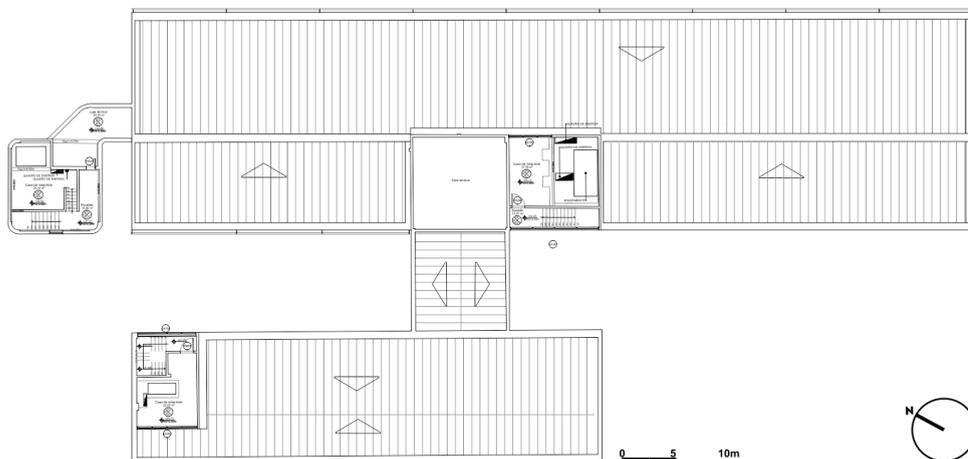
Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 49: setorização da cobertura do bloco vertical do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022), adaptado de Architectus (2020).

Figura 50: planta de cobertura do bloco vertical do HUPAA.

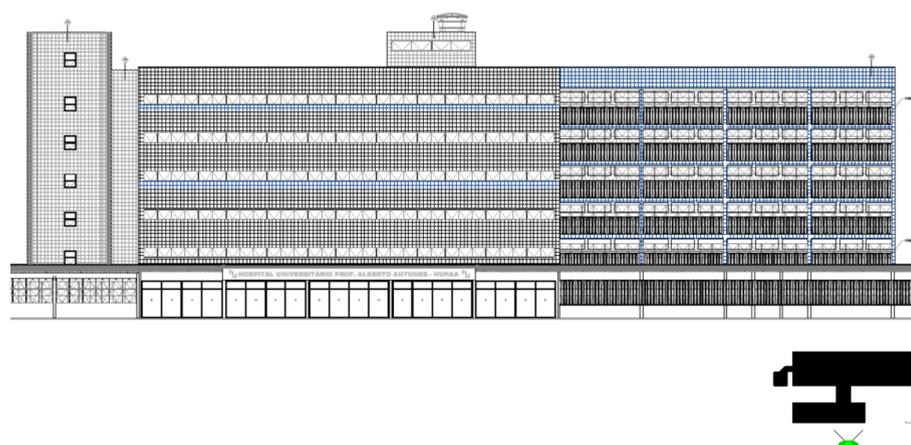


Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

3.2. Volumetria e sistema construtivo

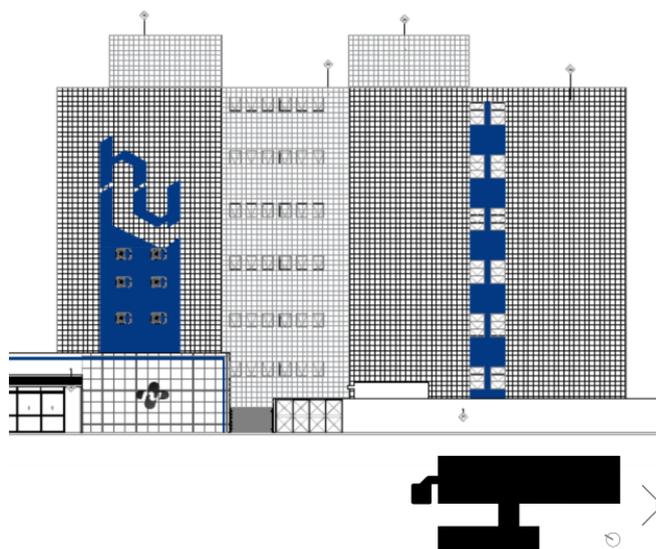
O edifício foi construído seguindo o sistema estrutural em concreto armado, com vedação em alvenaria de bloco cerâmico com camadas de chapisco, emboço e reboco - acredita-se na aplicação do emboço por conta do período em que a obra foi executada, entre 1960 e 1992, pois ainda não era muito comum utilizar a massa única - nas faces externas e internas e, para fechar os vãos da fachada, e as janelas são de vidro simples com esquadria em alumínio, algumas delas são protegidas por brises verticais constituídos de alumínio nas superfícies e preenchidos com EPS (poliestireno expandido). Todas as fachadas apresentam acabamento em revestimento cerâmico.

Figura 51: fachada sudoeste do bloco vertical do HUPAA, voltada para a Av. Lourival Melo Mota.



Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2022).

Figura 52: fachada sudeste do bloco vertical do HUPAA, voltada para a Av. Paulo Holanda.



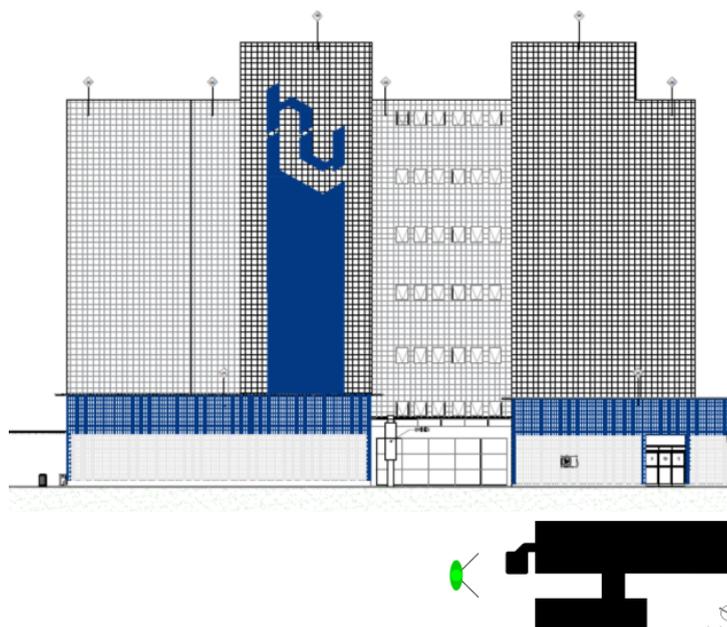
Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

Figura 53: fachada nordeste do bloco vertical do HUPAA, oposta à Av. Lourival Melo Mota.



Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

Figura 54: fachada noroeste do bloco vertical do HUPAA, oposta à Av. Paulo Holanda.



Fonte: Architectus (2020), adaptado pelo autor (2021).

Para comportar os brises, foi executada uma estrutura de vigas e pilares que formam molduras. Essa estrutura dista, aproximadamente, 40cm da face externa do edifício, não está presente em algumas fachadas e, em outras, está presente sem a adição dos brises (figuras 55 e 56).

Figura 55: estruturas executadas sem a adição dos brises.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 56: identificação das fachadas, referente a presença da estrutura que comporta os brises.

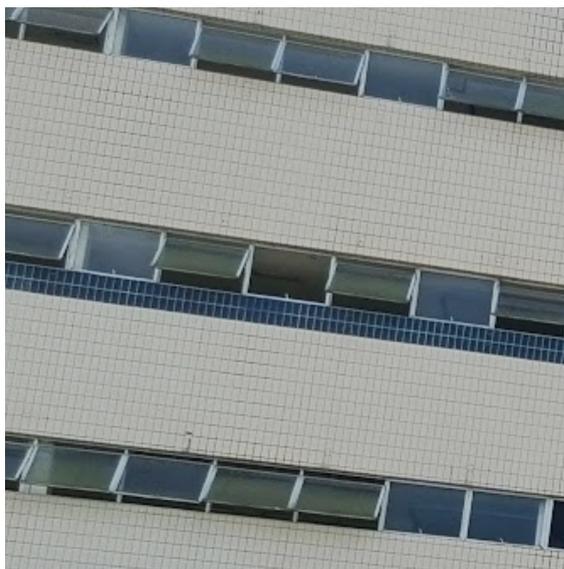


*ESTRUTURA DE PILARES E VIGAS QUE DISTAM, APROXIMADAMENTE, 40CM DA FACE EXTERNA DA FACHADA, FORMANDO UMA ESPÉCIE DE MOLDURA PARA COMPORTAR OS BRISES VERTICAIS.

Fonte: elaboração autoral (2022).

As fachadas são compostas, principalmente, por revestimento cerâmico 10x20cm, nas cores azul e branco gelo (figura 57), janelas de vidro e alumínio, do tipo maxim-ar, sem nenhum tratamento ou proteção especiais (figura 57) e brises verticais de alumínio com enchimento de EPS (figura 57).

Figura 57: revestimento cerâmico e janelas, tipo maxim-ar, presentes na fachada do edifício do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

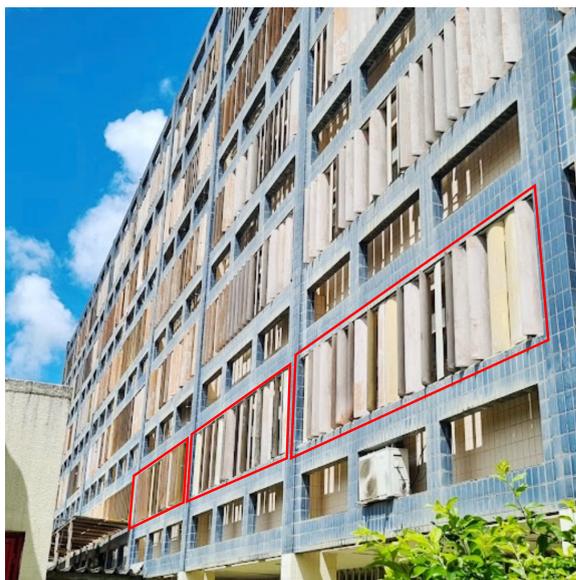
Figura 58: brises de alumínio, do tipo asas de avião, presentes na fachada do edifício do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

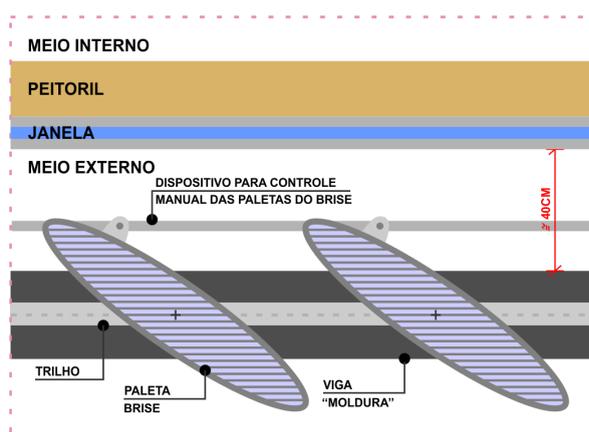
O conjunto de brises verticais, do tipo asa de avião, é o elemento de maior notoriedade nas fachadas do edifício vertical do HUPAA. Cada conjunto é formado por 21 paletas verticais, fixadas nas extremidades superiores e inferiores, permitindo a rotação em torno do eixo longitudinal das peças (figura 59). Existe um trilho que se conecta às 21 peças e permite, através de uma maçaneta, a movimentação manual do conjunto. Sendo assim, não há a possibilidade de mover as paletas individualmente. As maçanetas encontram-se no espaçamento entre a face externa da fachada e a estrutura que comporta os brises, fazendo-se necessário a abertura das janelas para acessá-las (figura 60).

Figura 59: identificação de alguns conjuntos de brises presentes na fachada do edifício do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 60: esquema ilustrativo do brises do HUPAA.



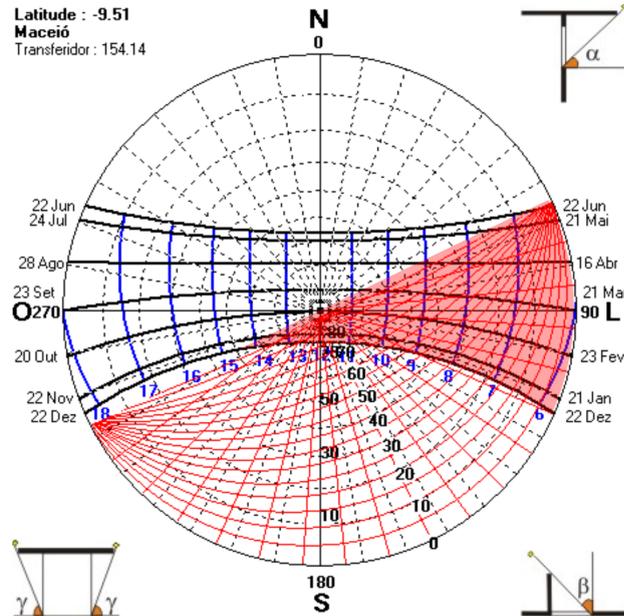
Fonte: elaboração autoral (2022).

3.3. Exposição à insolação e à ventilação

Para fins de análise da incidência solar direta nas fachadas do HUPAA, observa-se a trajetória solar nas diferentes estações do ano: em março (21.03), equinócio de outono; junho (22.06), solstício de inverno; setembro (23.09), equinócio da primavera; dezembro (22.12), solstício de verão. As orientações das fachadas do HUPAA e seus respectivos azimutes são: sudeste ($154,14^\circ$); sudoeste ($205,86^\circ$); nordeste ($64,14^\circ$); noroeste ($295,86^\circ$).

As incidências solares correspondentes a essas orientações estão ilustradas nas figuras 61 a 64. Como forma de sintetizar estes dados, foi elaborado um quadro de incidência solar, ilustrado na figura 65.

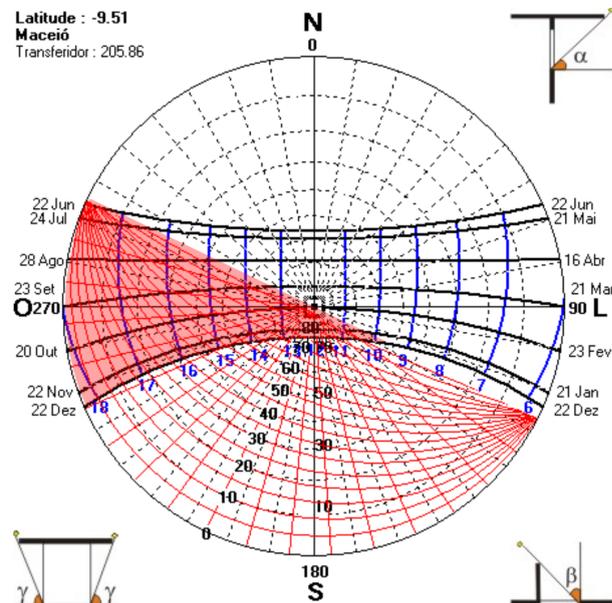
Figura 61: representação, em carta solar, da fachada sudeste do HUPAA.



INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA

Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 62: representação, em carta solar, da fachada sudoeste do HUPAA.



INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA

Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 65: quadro de incidência solar direta das fachadas do HUPAA.

QUADRO DE INCIDÊNCIA SOLAR DIRETA (MACEIÓ, LATITUDE -9,51° OU 9,51° SUL)				
FACHADA (ORIENTAÇÃO)	EQUINÓCIO OUTONO (INÍCIO EM 21.03)	SOLSTÍCIO DE INVERNO (INÍCIO EM 22.06)	EQUINÓCIO PRIMAVERA (INÍCIO EM 23.09)	SOLSTÍCIO DE VERÃO (INÍCIO EM 22.12)
SUDESTE (154,14°)	Do nascer do sol até às 10h	-	Do nascer do sol até às 10h	Do nascer do sol até às 13h30
SUDOESTE (205,86°)	Das 13h45 até o pôr do sol	-	Das 13h45 até o pôr do sol	Das 10h15 até o pôr do sol
NORDESTE (64,14°)	Do nascer do sol até às 12h	Do nascer do sol até às 12h45	Do nascer do sol até às 12h	Do nascer do sol até às 13h
NOROESTE (295,14°)	Das 12h até o pôr do sol	Das 11h15 até o pôr do sol	Das 12h até o pôr do sol	Das 13h até o pôr do sol

Fonte: elaboração autoral (2022).

As orientações das fachadas do HUPAA estão identificadas na figura 66.

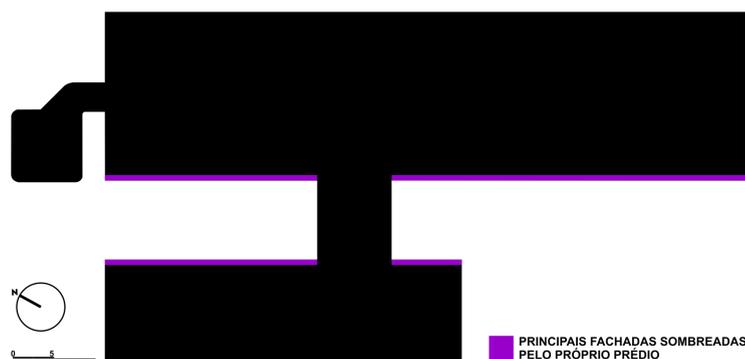
Figura 66: identificação das fachadas do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

As informações presentes no quadro de incidência solar direta (figura 65) servem apenas para as fachadas que, de modo geral, não são sombreadas pela própria edificação ou pelo entorno. As principais fachadas que recebem auto sombreamento da edificação, estão destacadas na figura 67.

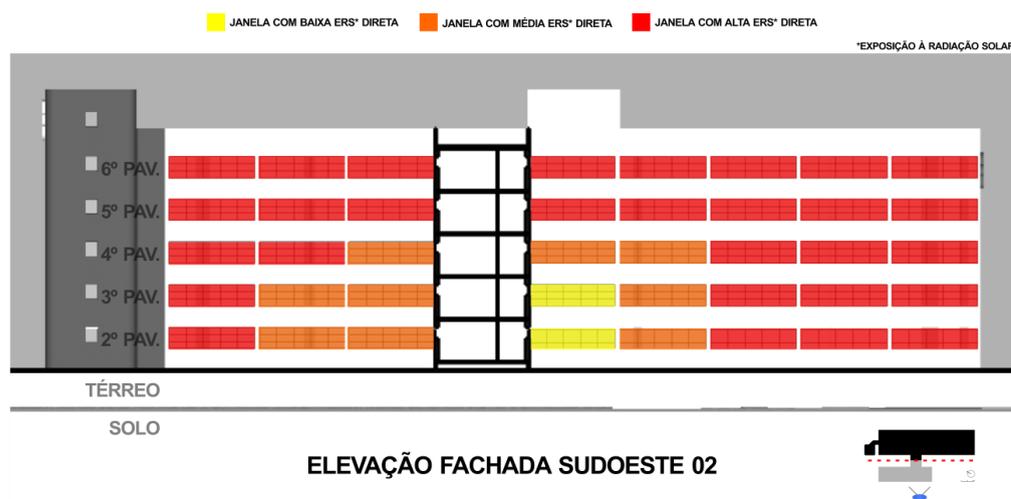
Figura 67: principais fachadas que sofrem influência da sombra própria do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Para essas fachadas foi preciso identificar quais janelas possuem maior e menor exposição à radiação solar direta. Na fachada sudoeste, que recebe sombreamento próprio (chamada de sudoeste 02), o resultado do mapeamento de exposição à radiação solar direta nas janelas foi ilustrado na figura 68.

Figura 68: mapeamento de Exposição à Radiação Solar (ERS), das janelas presentes na fachada sudoeste 02 do HUPAA.

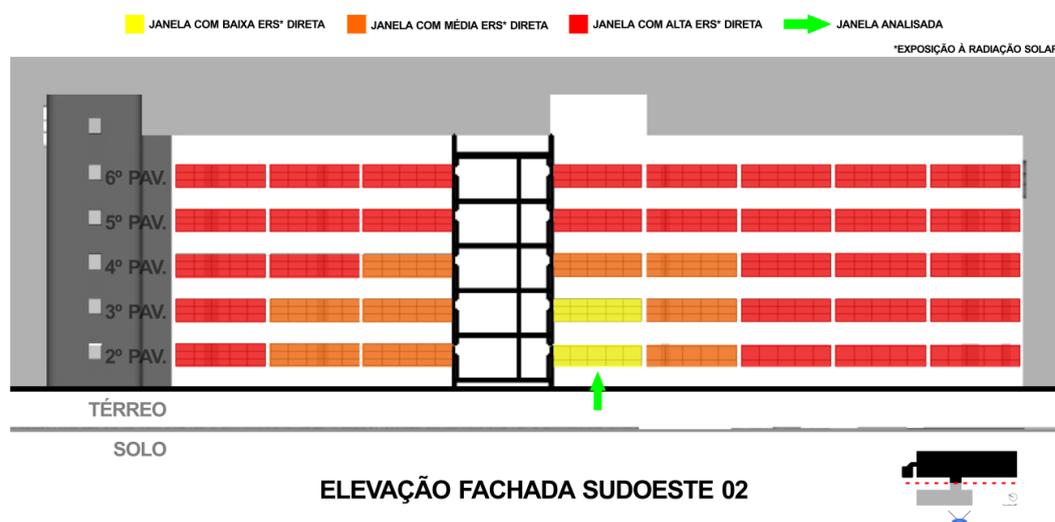


Fonte: elaboração autoral (2022).

Para chegar no resultado final, foi preciso descobrir os ângulos de influência (alfa e beta) do prédio para cada janela. Para as análises, as janelas foram classificadas em função da

proporção de tempo no qual estão sombreadas, comparativamente ao período total de exposição solar de cada fachada. As janelas consideradas com baixa ERS (exposição à radiação solar) direta, recebem sombra durante mais de 50% do período de exposição solar; as janelas consideradas com média ERS, recebem sombra durante aproximadamente 50% do período de exposição; as janelas consideradas com alta ERS, recebem sombra durante bem menos de 50% do período de exposição. Utilizando uma janela de cada tipo, como exemplo, vê-se como foi desenvolvido o mapeamento. (figuras 69 a 80)

Figura 69: indicação, em elevação frontal, de janela com baixa ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



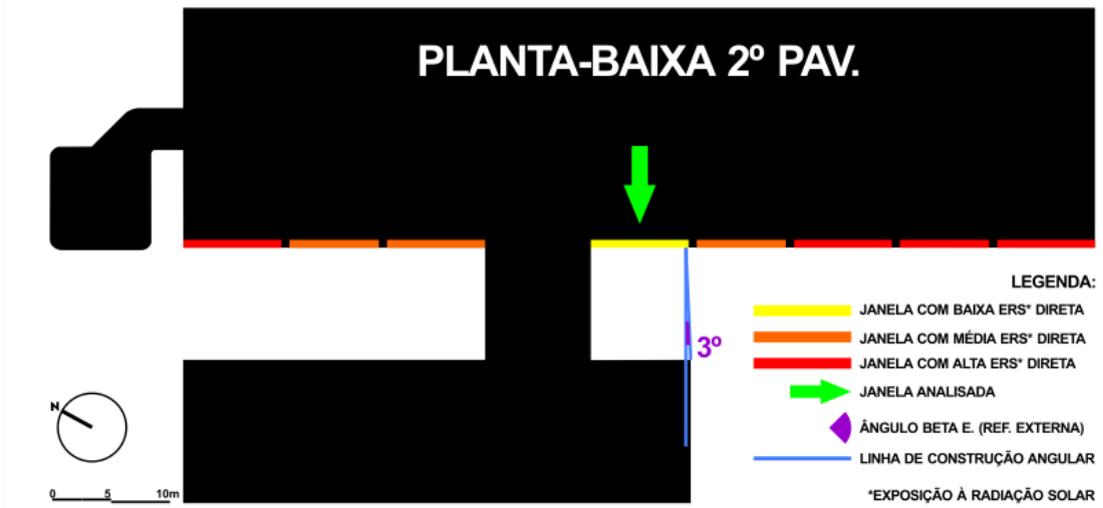
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 70: indicação, em elevação lateral, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



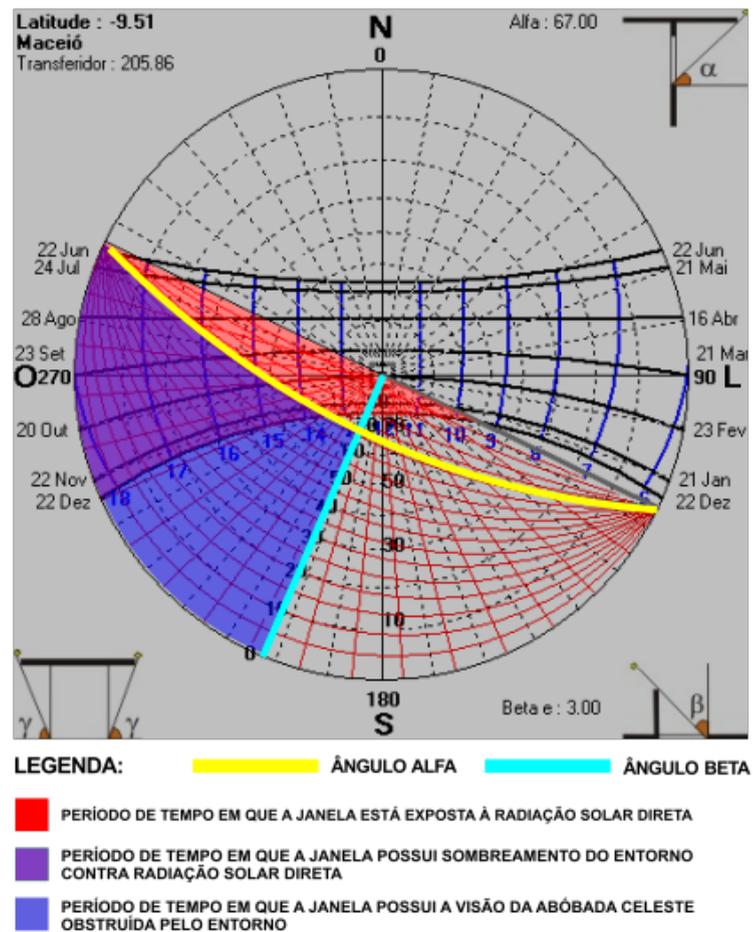
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 71: indicação, em planta baixa, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



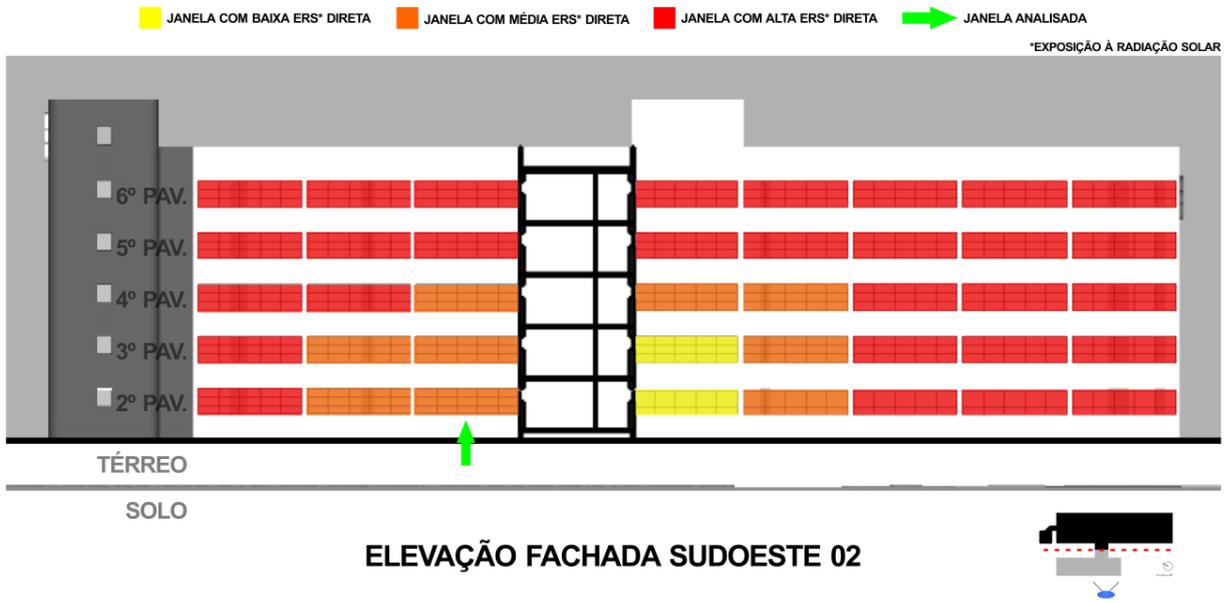
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 72: representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com baixa ERS.



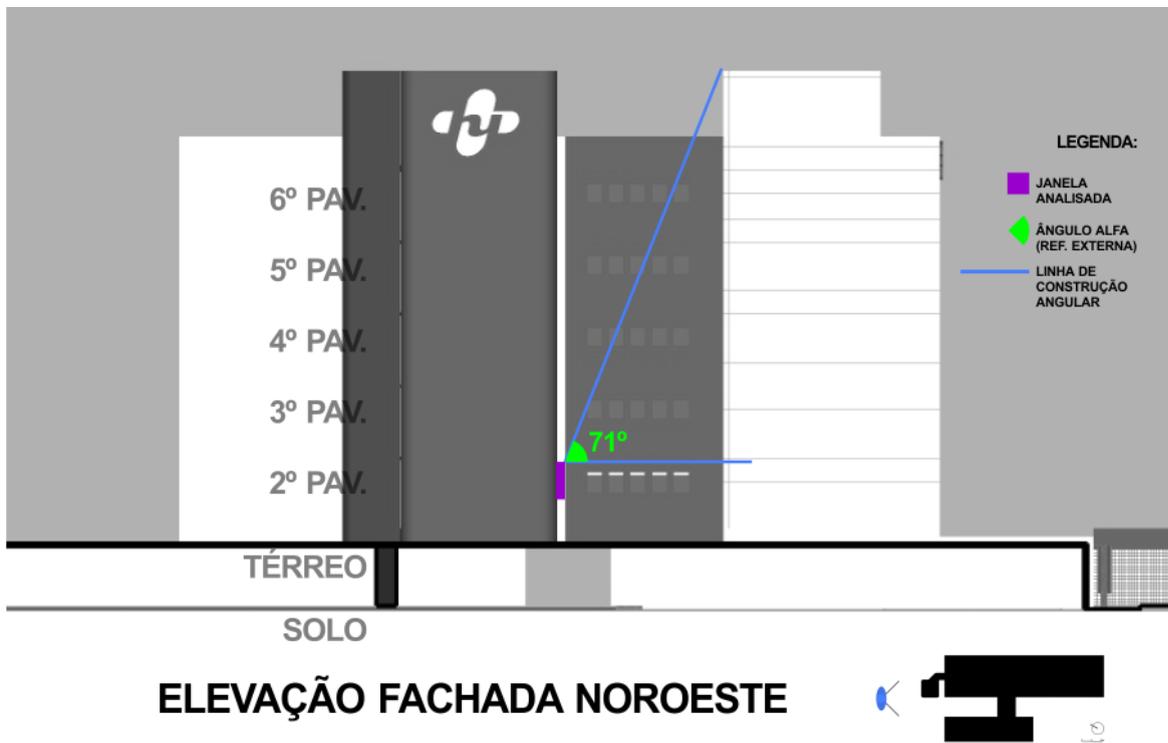
Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 73: indicação, em elevação frontal, de janela com média ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



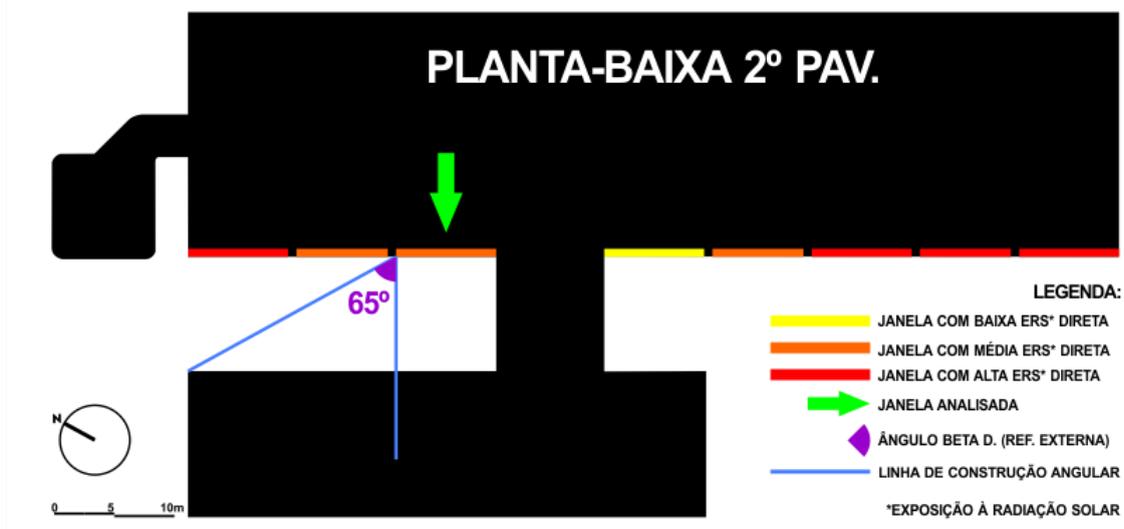
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 74: indicação, em elevação lateral, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



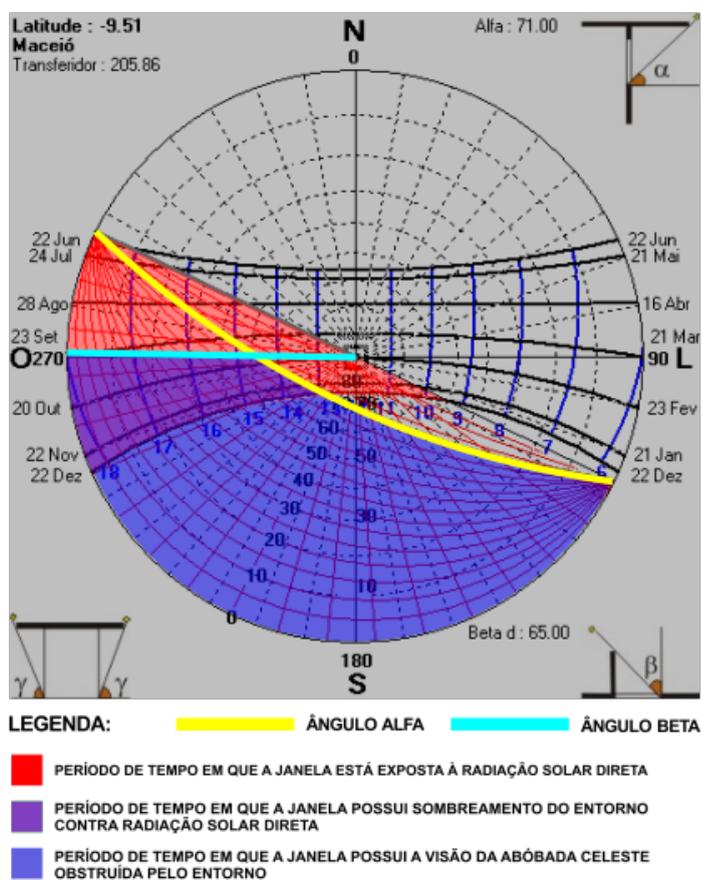
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 75: indicação, em planta baixa, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



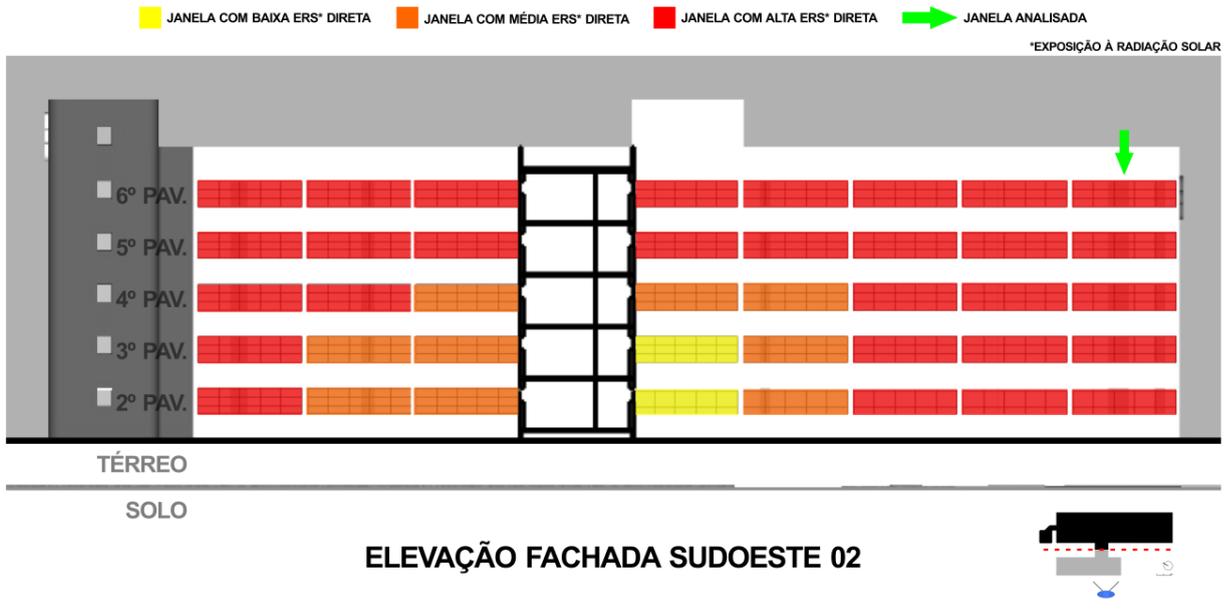
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 76: representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com média ERS.



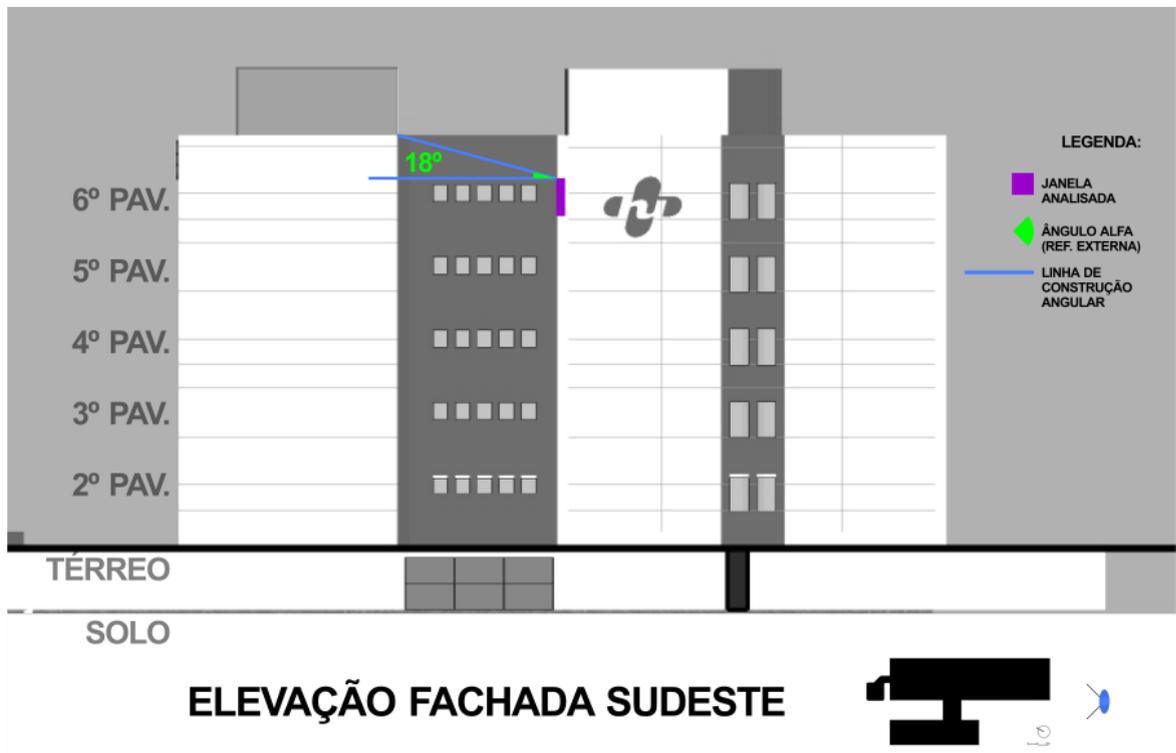
Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 77: indicação, em elevação frontal, de janela com alta ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



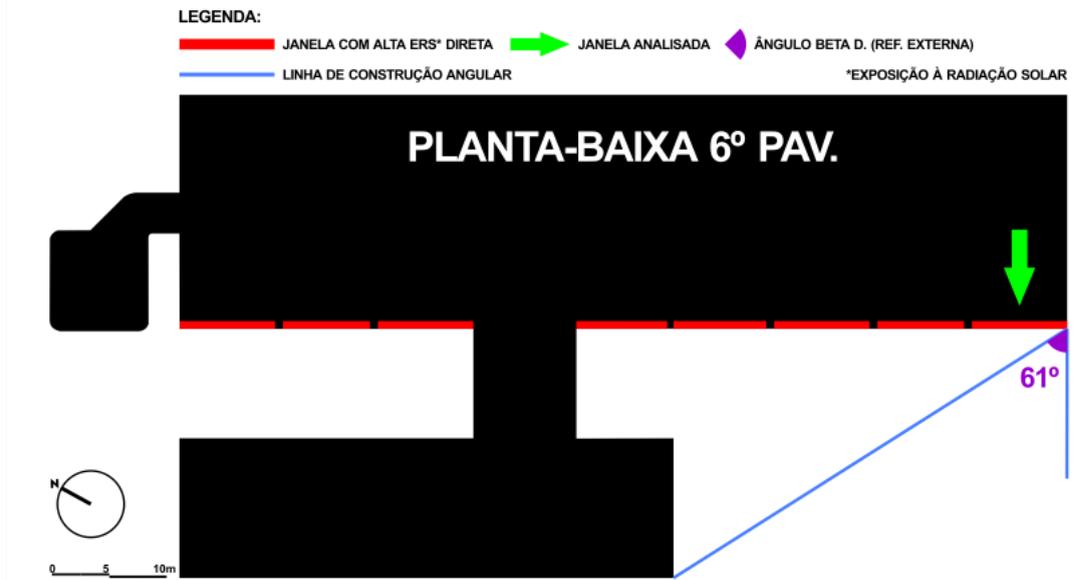
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 78: indicação, em elevação lateral, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



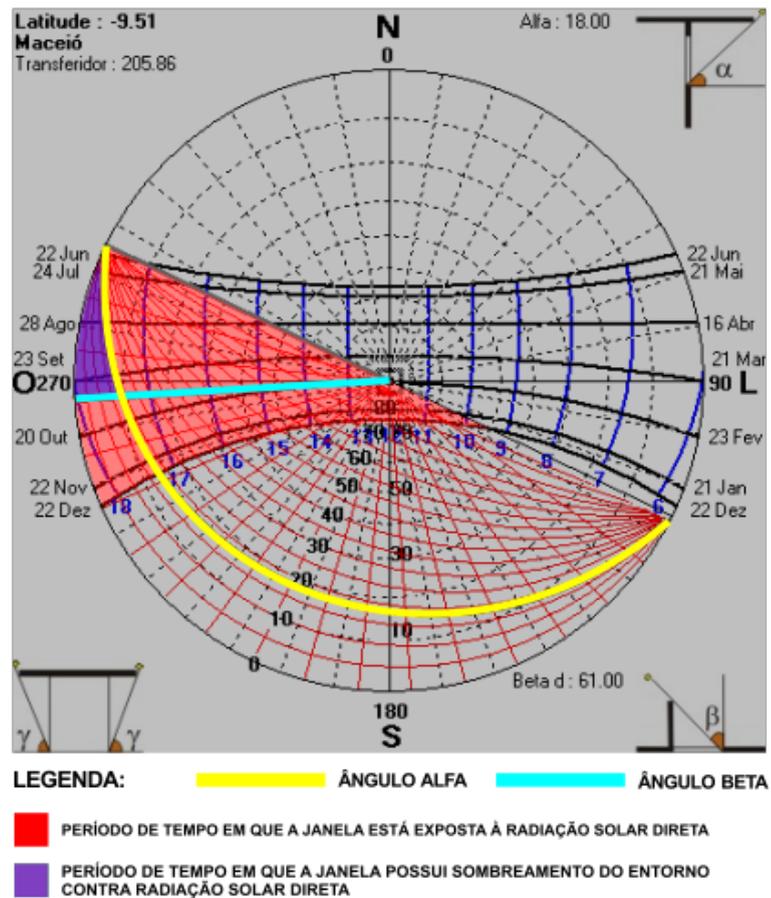
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 79: indicação, em planta baixa, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



Fonte: elaboração autoral (2022).

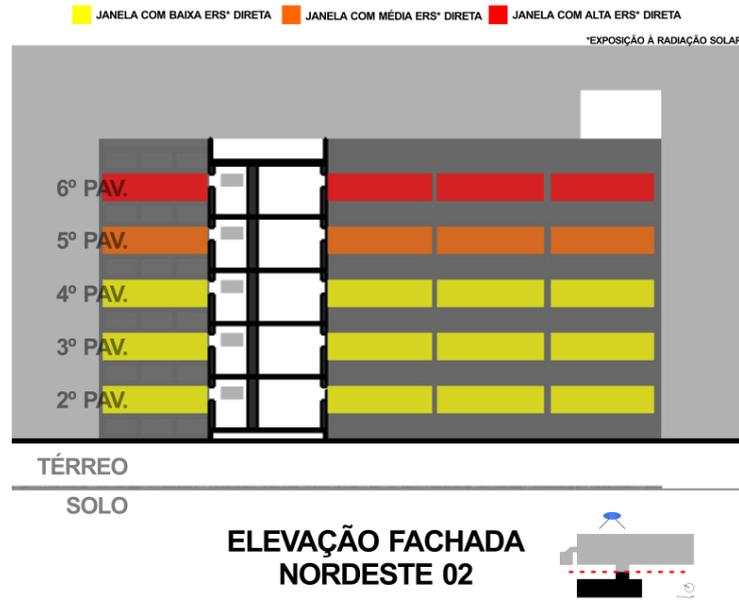
Figura 80: representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com alta ERS.



Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

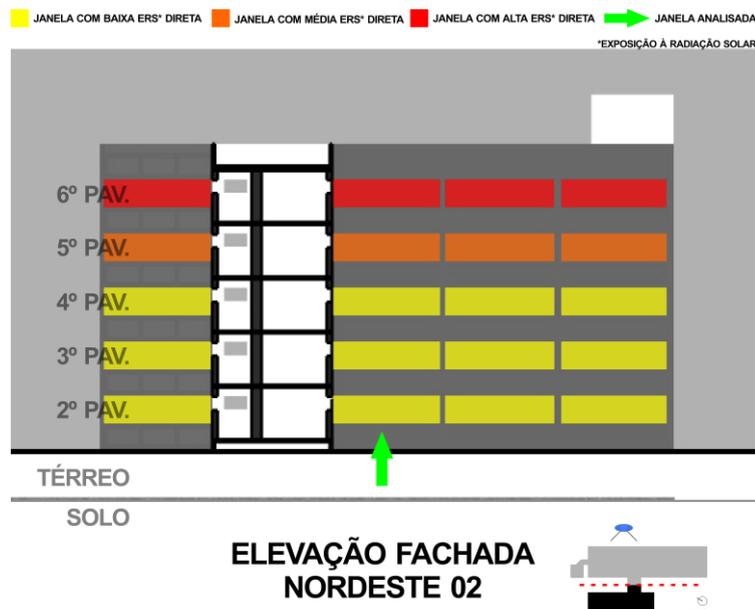
Já na fachada nordeste que recebe sombreamento próprio (chamada de nordeste 02), o resultado do mapeamento de exposição à radiação solar direta nas janelas foi ilustrado nas figuras 81 e 82, exemplificando-se a máscara de sombra de uma janela com baixa ERS (figuras 83 a 85), média ERS (figuras 86 a 89) e alta ERS (figuras 90 a 93).

Figura 81: mapeamento de Exposição à Radiação Solar, das janelas presentes na fachada nordeste 02 do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 82: indicação, em elevação frontal, de janela com baixa ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



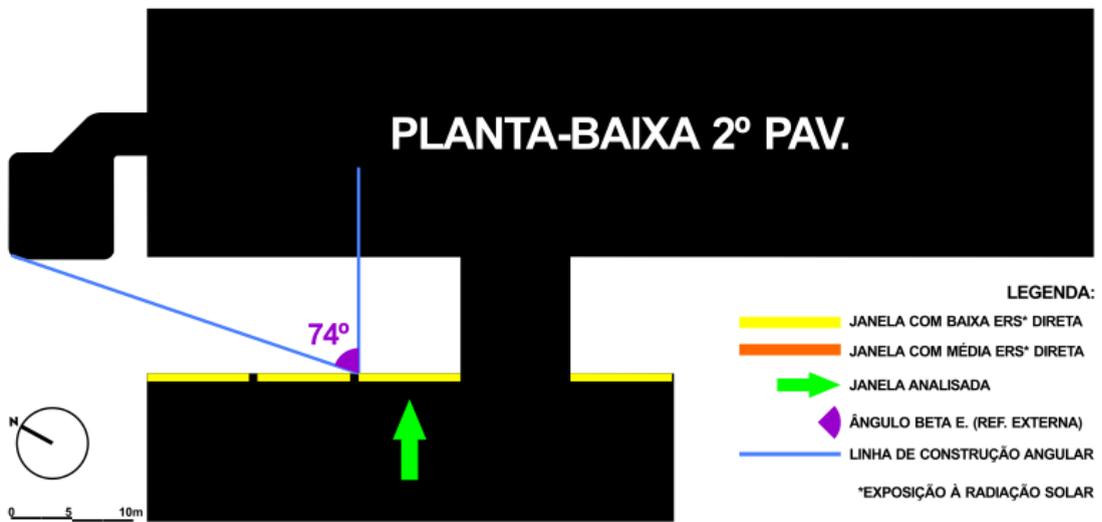
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 83: indicação, em elevação lateral, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



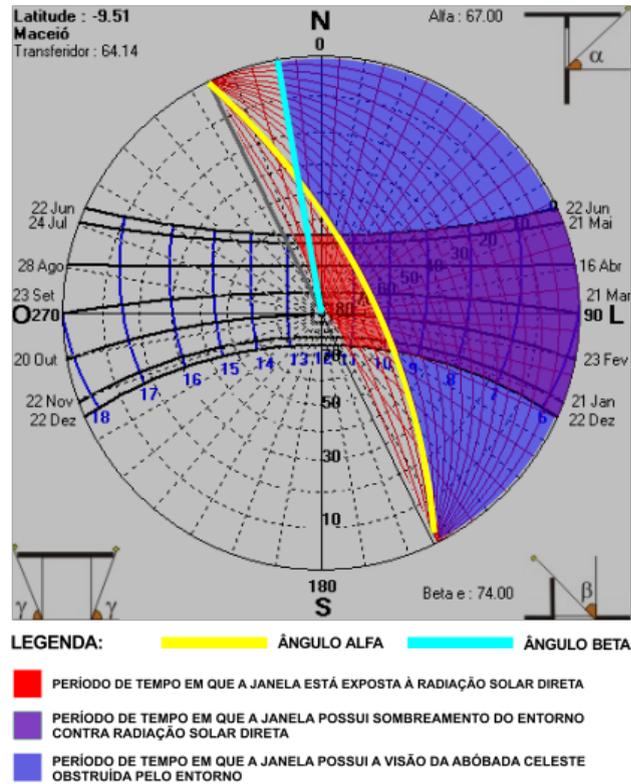
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 84: indicação, em planta baixa, de janela com baixa ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



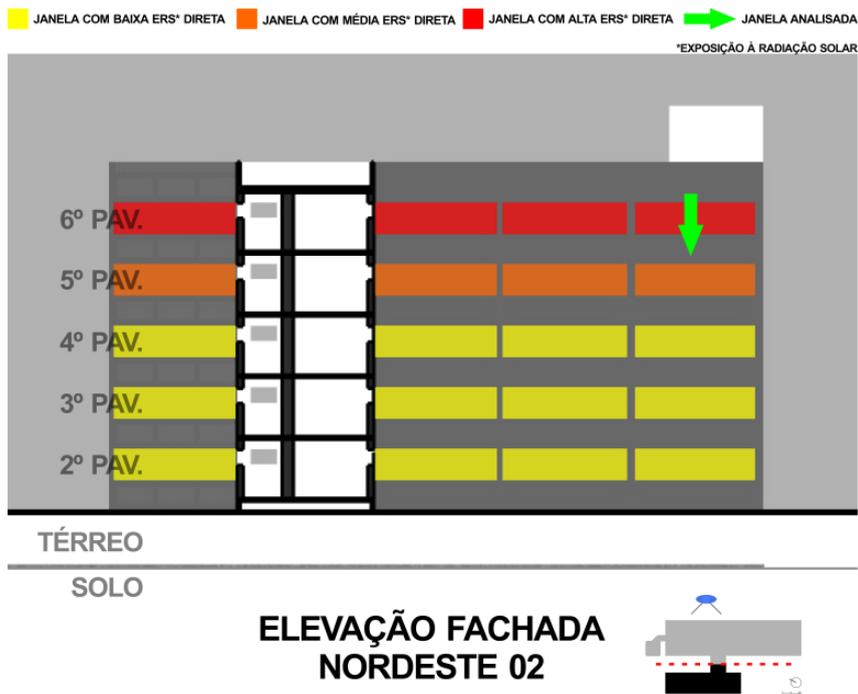
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 85: representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com baixa ERS.



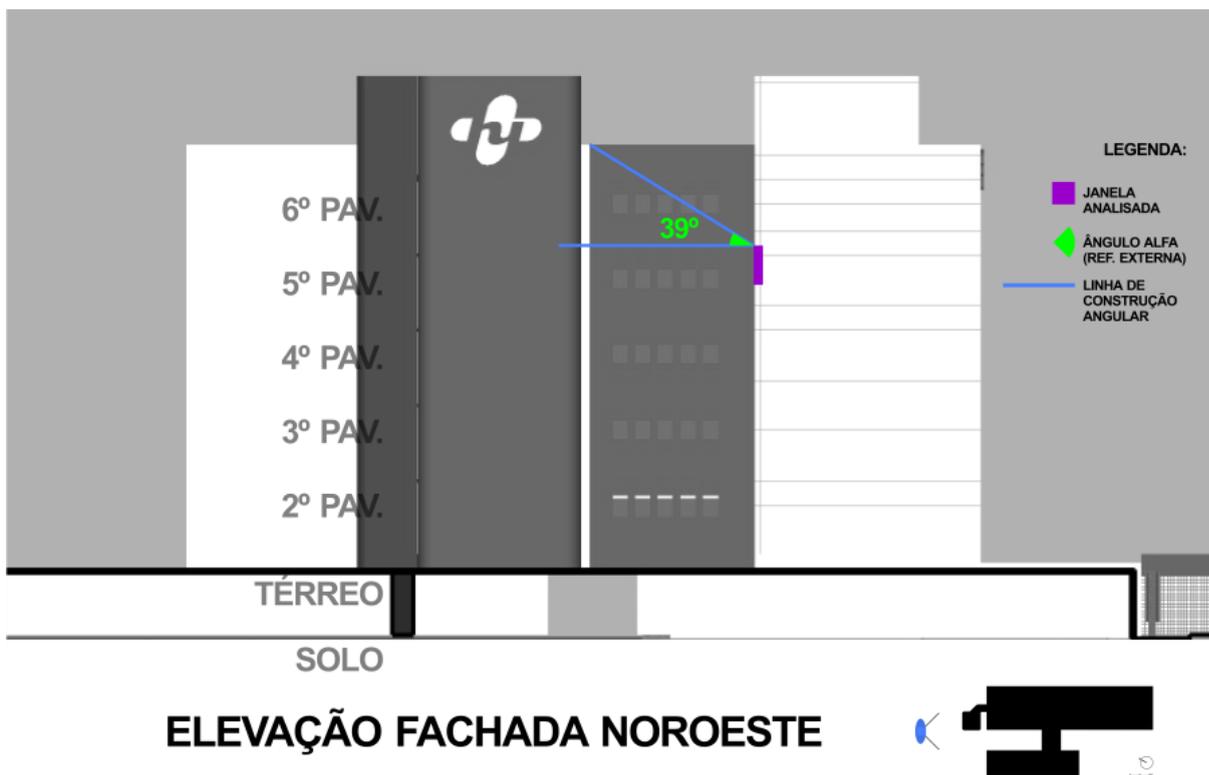
Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 86: indicação, em elevação frontal, de janela com média ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 87: indicação, em elevação lateral, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



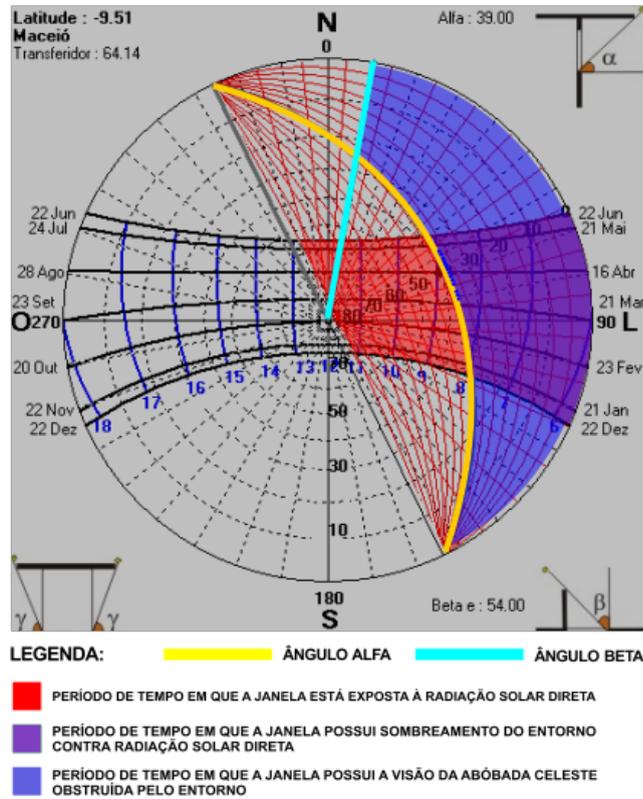
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 88: indicação, em planta baixa, de janela com média ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



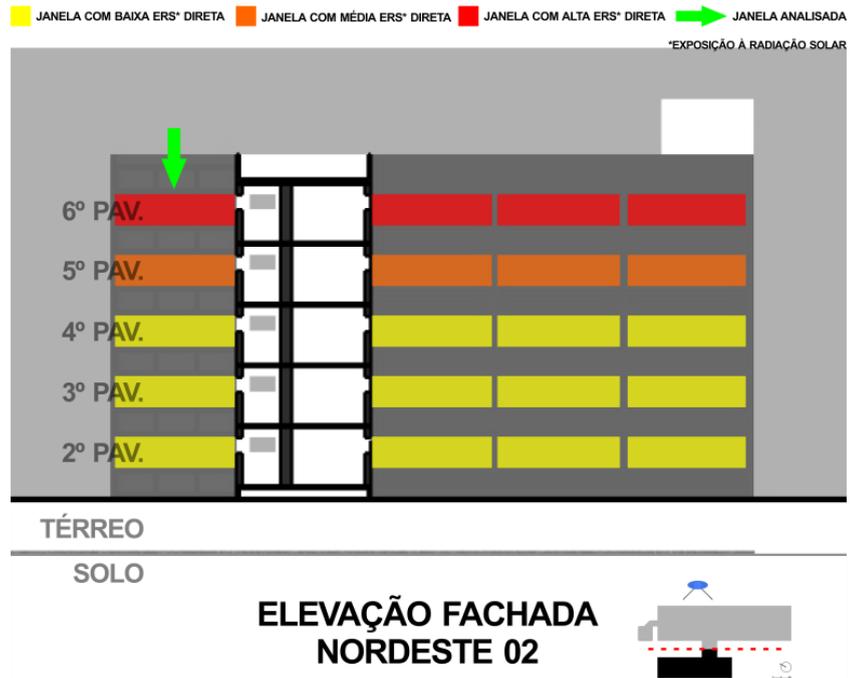
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 89: representação da máscara de sombra própria do HUPAA, em janela considerada com média ERS.



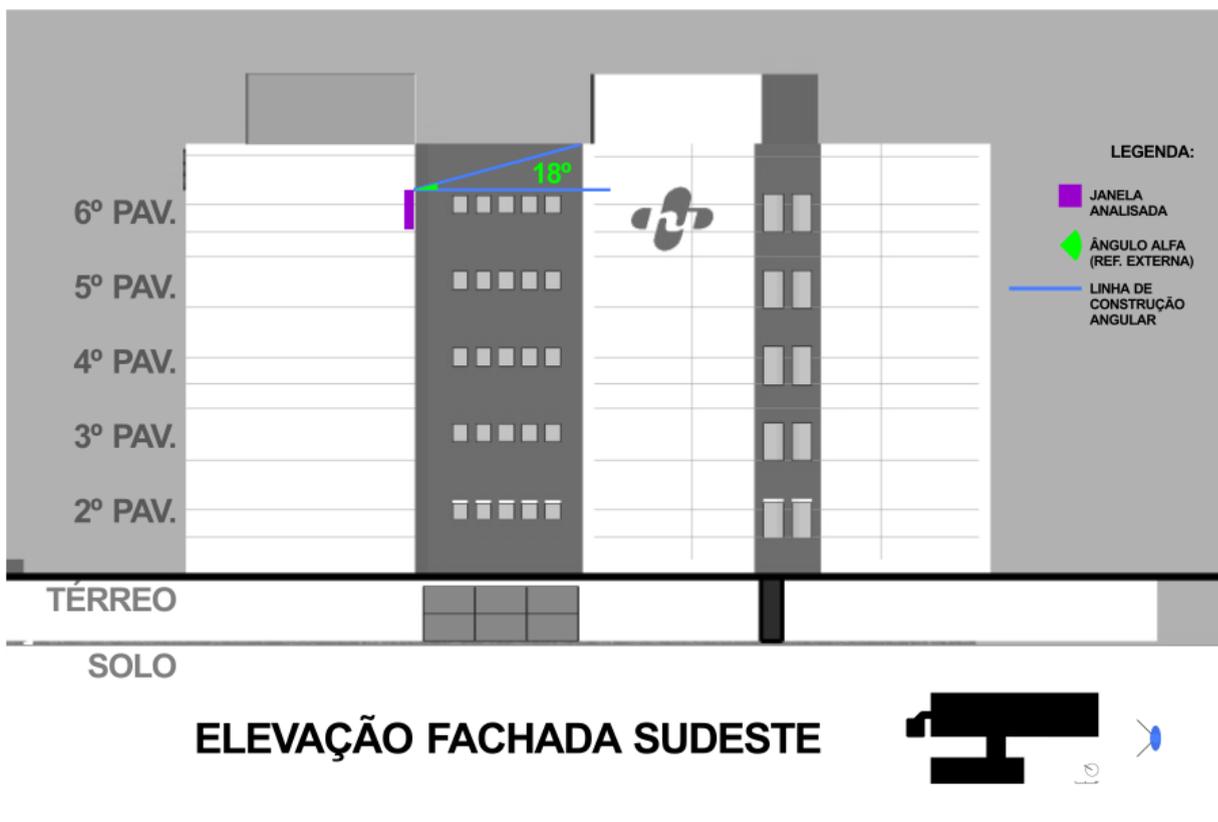
Fonte: SOL-AR, adaptado pelo autor (2022).

Figura 90: indicação, em elevação frontal, de janela com alta ERS analisada, para elaboração da máscara de sombra própria do HUPAA.



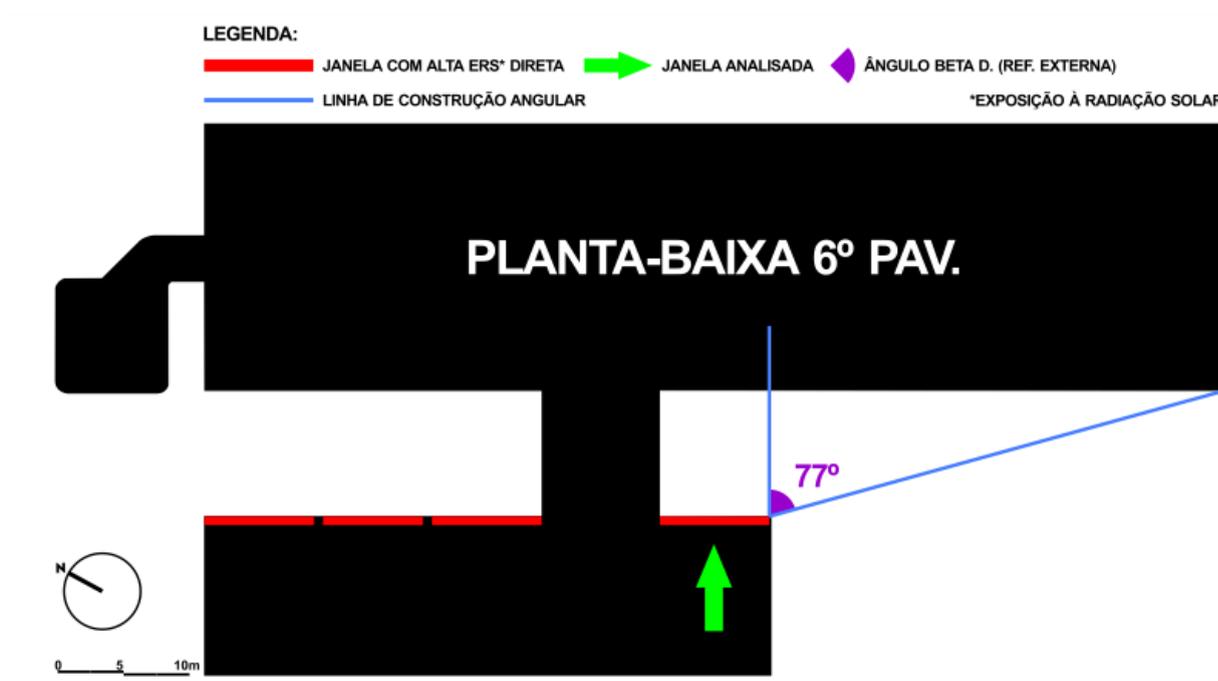
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 91: indicação, em elevação lateral, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo alfa.



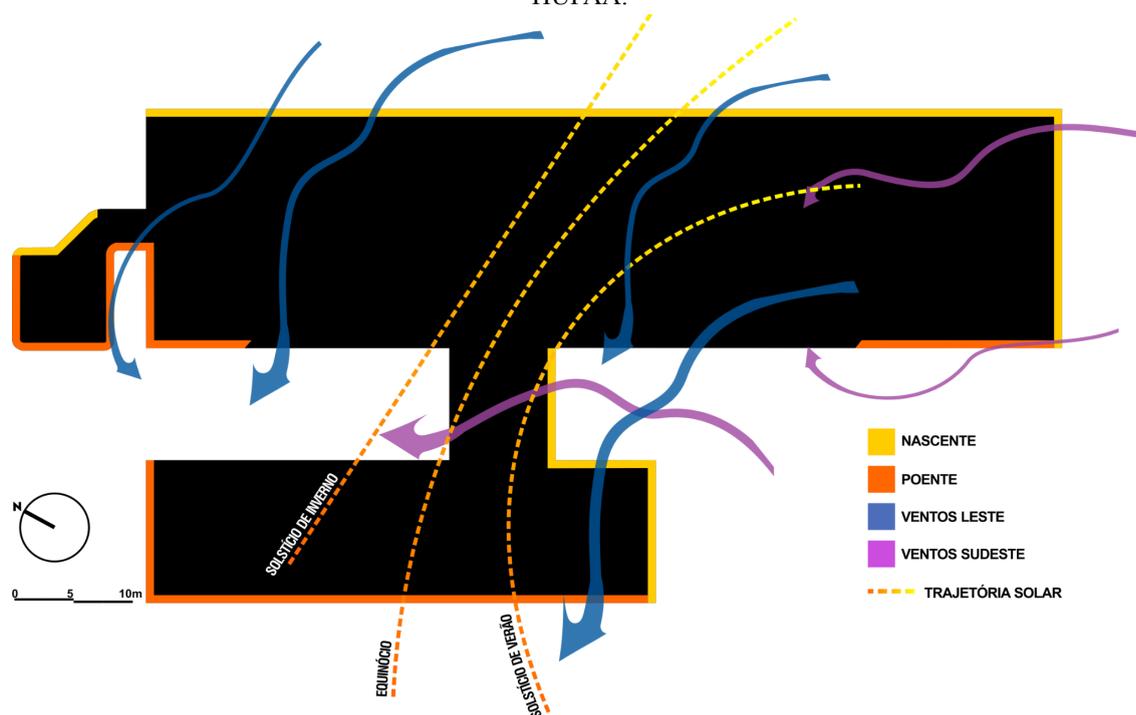
Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 92: indicação, em planta baixa, de janela com alta ERS analisada, para identificação do ângulo beta.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 96: esquema ilustrativo dos possíveis comportamentos de ventilação e insolação no edifício vertical do HUPAA.



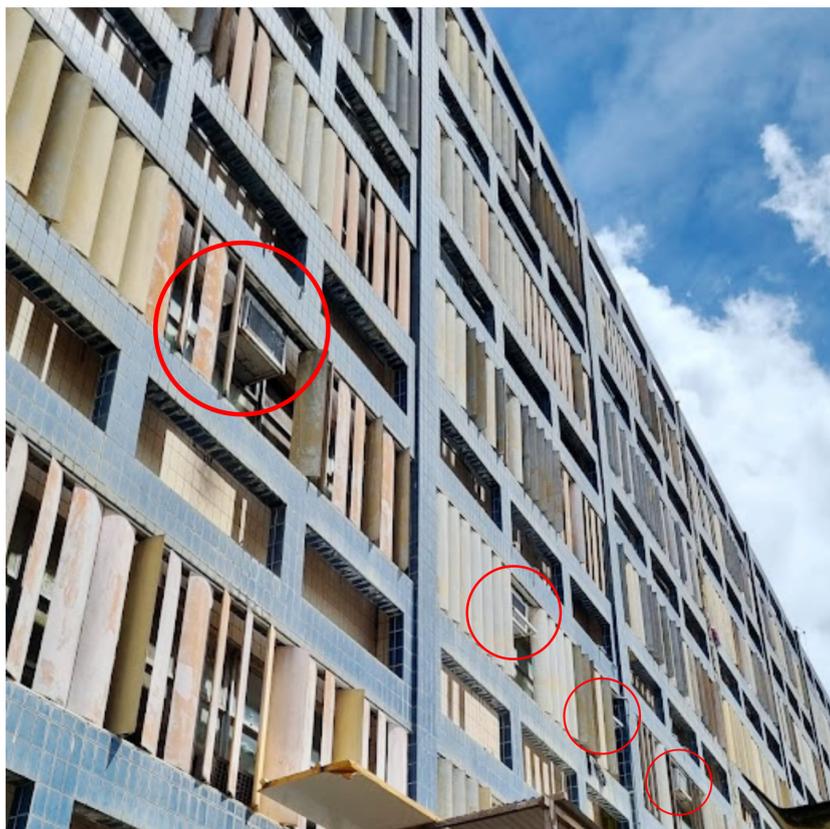
Fonte: elaboração autoral (2021).

3.4. Climatização dos ambientes

O levantamento da climatização dos ambientes foi elaborado com o intuito de descobrir indicadores para uma possível ineficiência do sistema de ventilação passivo adotado no partido da edificação, salvo os casos em que o tipo de utilização do ambiente demanda refrigeração mecânica, como é o caso do banco de leite materno, por exemplo.

A edificação foi projetada para tomar proveito da ventilação natural e tinha confiança na eficiência dos brises verticais para o sombreamento (bem ao estilo da arquitetura moderna). Não havia pontos de ar-condicionado previstos no projeto original. Ao decorrer dos anos, houve a implementação da refrigeração mecânica em alguns ambientes (figuras 97 e 98). Foram adotados refrigeradores de ar do tipo *split* (figura 99), mas principalmente ar-condicionado de janela. Pelo fato de não terem sido previstos em projeto, sobretudo, os aparelhos de janela, houve a necessidade de adaptação, pois não existia lugar propício para comportá-los. Algumas janelas foram substituídas por uma estrutura metálica capaz de suportar o peso do ar-condicionado de janela. (vide figura 97).

Figura 97: ar-condicionados acrescentados nas janelas do 3º pavimento.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 98: ar-condicionado de janela em uma sala de estudos do 4º pavimento.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 99: ar-condicionado split em uma sala de médicos do 6º pavimento.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Em algumas enfermarias e postos de enfermagem, colaboradores e pacientes recorreram aos ventiladores. No caso dos postos de enfermagem, por ser em local aberto, apenas com uma meia parede o separando do corredor, não há como optar pelo sistema de ar-condicionado de janela. (figura 100)

Figura 100: ventilador em uma enfermaria do 5º pavimento.



Fonte: elaboração autoral (2022).

As figuras 101 a 105 ilustram o mapeamento por andar dos ambientes que possuem ar-condicionado de janela, split ou não possuem ar-condicionado.

Figura 101: mapeamento de salas com ar-condicionado 2º pavimento.



Fonte: Architectus (2020) adaptado pelo autor (2022).

Figura 102: mapeamento de salas com ar-condicionado 3º pavimento.



Fonte: Architectus (2020) adaptado pelo autor (2022).

Figura 103: mapeamento de salas com ar-condicionado 4º pavimento.



Fonte: Architectus (2020) adaptado pelo autor (2022).

Figura 104: mapeamento de salas com ar-condicionado 5º pavimento.



Fonte: Architectus (2020) adaptado pelo autor (2022).

Figura 105: mapeamento de salas com ar-condicionado 6º pavimento.



Fonte: Architectus (2020) adaptado pelo autor (2022).

Observando-se o mapeamento dos aparelhos de ar-condicionado, nota-se que a maioria dos ambientes climatizados mecanicamente são os que acomodam crianças, neonatos e alguns ambientes de descanso de profissionais da saúde. Ainda assim, nota-se a predominância do ar-condicionado de janela, provavelmente por terem sido implantados há algum tempo, quando o ar-condicionado split ainda não era popular no mercado.

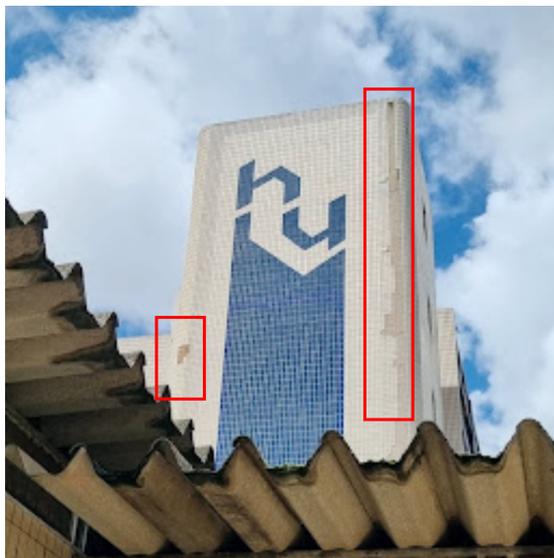
Estes indicadores revelam uma possível necessidade de redução das cargas térmicas transmitidas pelas fachadas aos ambientes internos, para que seja possível reduzir os gastos de energia elétrica com ar-condicionado, podendo fazer uso da ventilação natural.

3.5. Estado de conservação das fachadas do bloco vertical

Os principais elementos da fachada (revestimentos cerâmicos, janelas e brises) apresentam sinais de desgaste, seja pela ação do tempo ou de seus usuários, ao manusear as alavancas dos brises, por exemplo. Nota-se, em alguns pontos, o deslocamento de revestimentos cerâmicos em provável decorrência de expansão por umidade (figura 106), janelas com vidros quebrados (figura 107), conjuntos de brises faltando peças (figura 108), bem como conjuntos completos mas que possuem peças com orientação desajustada, demonstrando, assim, ineficiência, pois para que esteja em pleno funcionamento os

dispositivos de sombreamento precisam estar com as 21 paletas do conjunto ajustadas na mesma direção.

Figura 106: identificação de deslocamento de revestimentos cerâmicos na fachada que envolve a torre de circulação vertical.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 107: identificação de janelas quebradas e janelas com algum tipo de intervenção interna, provavelmente, para barrar a incidência solar direta nos ambientes.



Fonte: elaboração autoral (2022).

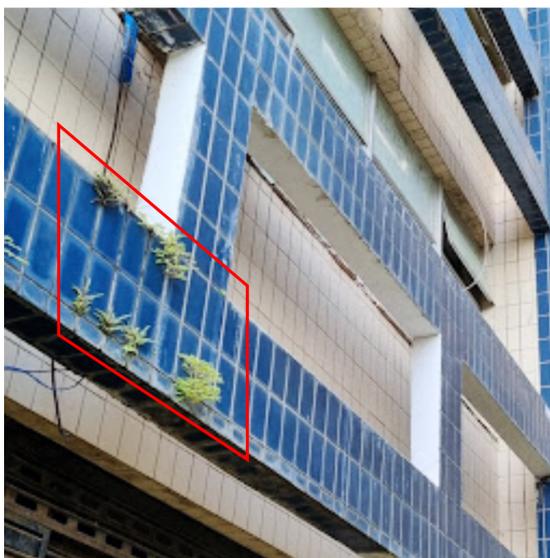
Figura 108: identificação de conjuntos de brises incompletos e desajustados.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Não é feito nenhum tipo de limpeza nas fachadas do edifício vertical, provavelmente por conta da dificuldade para realizar esse tipo de serviço. Por se tratar de um serviço de risco, faz-se necessário contratar mão de obra especializada. As fachadas apresentam eflorescências (espécie de acúmulo de sais dissolvidos na água e que, após sua evaporação, formam manchas na superfície) e bolor (imagem 109), os brises apresentam descascamento na pintura.

Figura 109: identificação do surgimento de vegetação entre o rejunte do revestimento cerâmico.



Fonte: elaboração autoral (2022).

A manutenção dos brises não é de fácil realização, ao que parece, pois até hoje só houve subtração de peças e nenhuma foi repostada ou substituída. Ocorre o mesmo com o revestimento cerâmico, pois não houve substituição de nenhuma das peças descoladas. As janelas são os únicos elementos da fachada que já passaram por manutenção efetiva, seja por reparo ou substituição.

4. PROPOSTA DE RETROFIT PARA AS FACHADAS DA EDIFICAÇÃO VERTICAL DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PROFESSOR ALBERTO ANTUNES (HUPAA) - UFAL

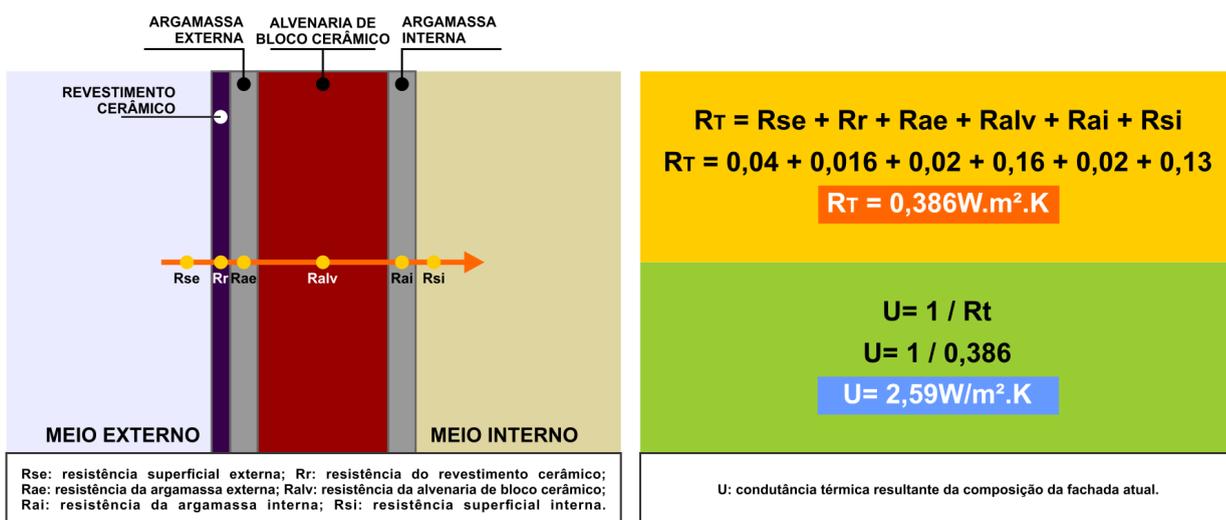
Neste capítulo são apresentados os fundamentos para a proposta arquitetônica em conjunto com a proposta de retrofit para as fachadas do Hospital Universitário Prof. Alberto Antunes (HUPAA).

4.1. Fundamentos da proposta arquitetônica

Tratando-se de uma proposta de retrofit para as fachadas de um hospital, as características da volumetria original serão preservadas o máximo possível de modo a não gerar a necessidade de paralisação do funcionamento das atividades internas da edificação. A proposta baseia-se na substituição de materiais, alteração de cores e adição de alguns dispositivos externos para proteção solar e captação/direcionamento dos ventos predominantes.

Propõe-se a substituição dos revestimentos cerâmicos por placas de alumínio composto (ACM), nas fachadas que estão expostas diretamente à radiação solar (sem a proteção dos brises), com intuito de reduzir as cargas térmicas transmitidas aos ambientes internos, por consequência da radiação solar direta incidente nas paredes externas. Para fins de análise comparativa, considerou-se as superfícies opacas externas, atuais, possuindo a seguinte composição: revestimento cerâmico (1,5cm) + argamassa externa (2,5cm) + bloco cerâmico (9x14x24cm) + argamassa interna (2,5cm), que resultou num valor de transmitância (U) de 2,59W/m².K (figura 110). Considerando que a maioria das paredes são de cores claras ($\alpha > 0,6$), os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das paredes externas, na Zona Bioclimática 8, são $U \leq 3,7\text{W/m}^2\text{.K}$. Neste caso, já estaria dentro da recomendação, mas é possível melhorar o desempenho, visto que a edificação atualmente utiliza-se de estratégias de resfriamento mecânico.

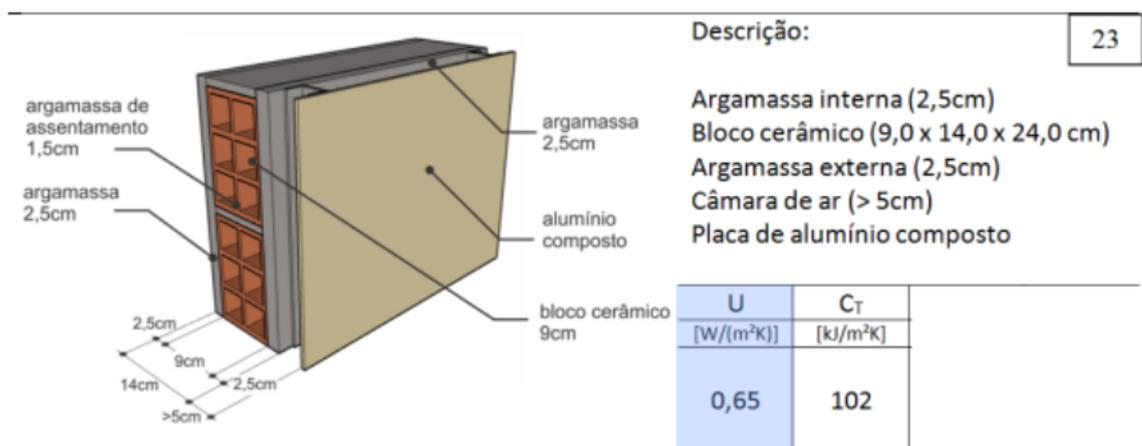
Figura 110: cálculo das resistências para obtenção do valor U correspondente à composição atual de fachada.



Fonte: elaboração autoral (2022).

A composição proposta para substituir a composição externa vigente é formada por: placa de alumínio composto + câmara de ar (11cm) + argamassa externa (2,5cm) + bloco cerâmico (9x14x24cm) + argamassa interna (2,5cm), onde obteve-se o valor U de 0,65W/m².K (figura 111). Bem abaixo do máximo permitido pela norma de desempenho para ZB 08, que é de 3,7W/m².K.

Figura 111: composição proposta para atualização das fachadas, visando um melhor desempenho térmico.

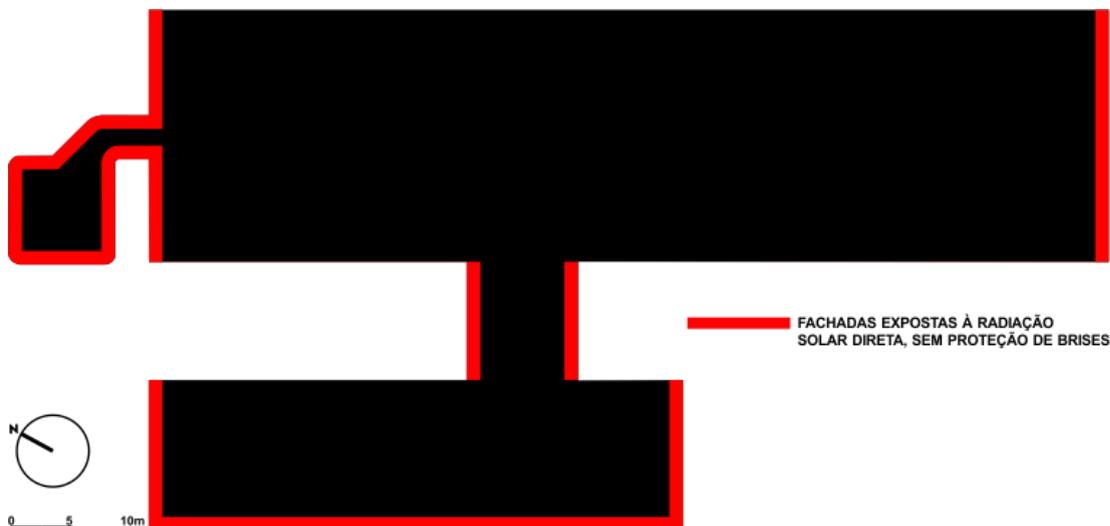


Fonte: Anexo Geral V, da Portaria INMETRO Nº 50/2013 (2013), adaptado pelo autor (2022).

Assim, é possível obter uma redução de cerca de 75%, na transmitância térmica das superfícies opacas externas que não dispõem da proteção adicional dos brises (figura 112).

Para as demais fachadas, propõe-se a alteração da cor do revestimento para um revestimento de cor clara, de modo a minimizar a absorção do calor.

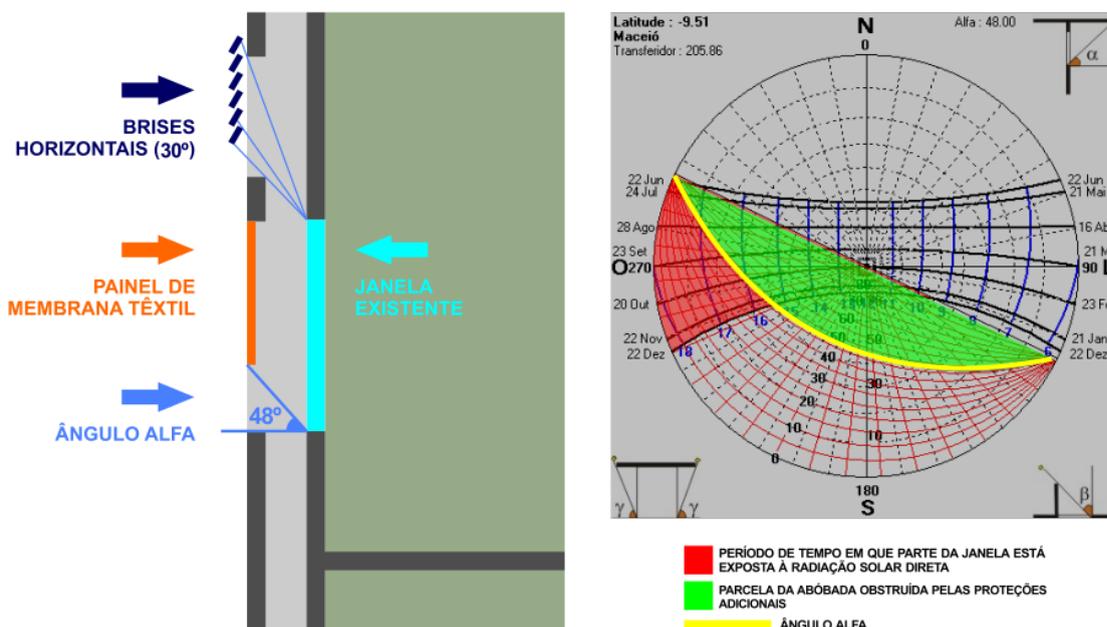
Figura 112: identificação das fachadas sujeitas a substituição do revestimento.



Fonte: elaboração autoral (2022).

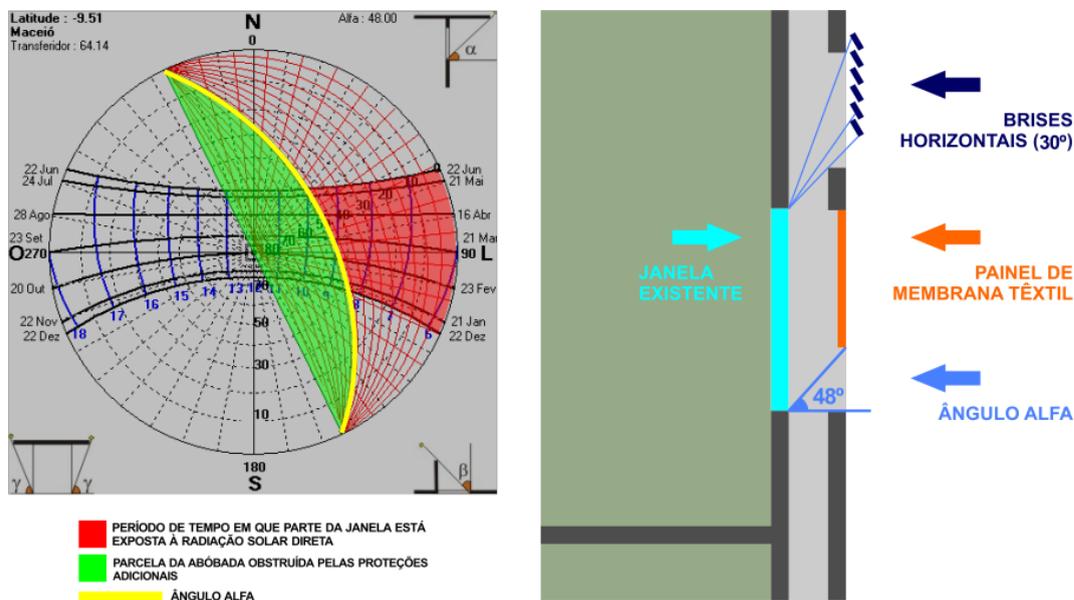
Propõe-se a substituição dos brises verticais de ajuste manual por painéis fixos de membranas têxteis perfuradas. O objetivo é minimizar a necessidade de manutenção, pois são autolimpantes e não precisarão ser reposicionados manualmente durante o dia. Além disso, permitem uma melhor visibilidade dos ambientes internos para o exterior (em comparação aos brises verticais, quando posicionados de forma irregular) e viabilizam uma melhor captação de ventilação natural, por meio das perfurações. Propõe-se também a adição de brises horizontais para obstruir a radiação solar direta na parte superior das janelas (figuras 113 e 114).

Figura 113: corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada sudoeste do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 114: corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada nordeste do HUPAA.

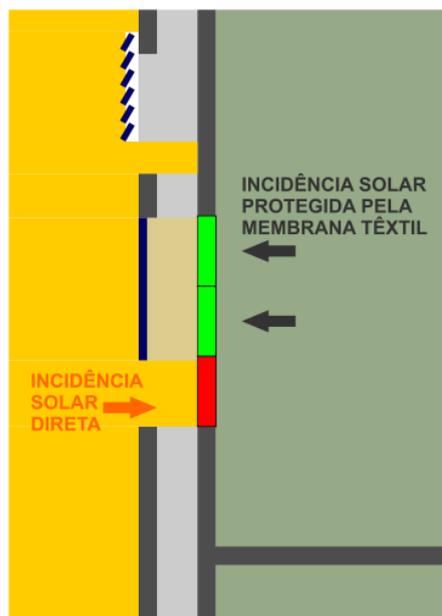


Fonte: elaboração autoral (2022).

As janelas voltadas à orientação sudoeste e nordeste, são compostas por esquadrias de alumínio com vedação de vidro simples. Quando observadas em corte vertical, é possível identificar que os dois terços superiores da janela estão melhor protegidos que o terço inferior (figura 115), por isso, propõe-se a substituição dos vidros simples do terço inferior por um

vidro de alto desempenho, levando-se em consideração o custo-benefício, sugere-se a implementação do vidro refletivo.

Figura 115: corte vertical ilustrativo de um trecho da fachada sudoeste do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Propõe-se a substituição do sistema híbrido de climatização dos ambientes por um sistema de ar-condicionado central, eliminando a interferência de equipamentos de ar-condicionado de janela ou unidades condensadoras de equipamentos do tipo split na fachada, podendo contemplar outros ambientes que não dispõem da possibilidade de refrigeração mecânica.

4.2. Apresentação da proposta

Ao observar a fachada sudoeste do HUPAA, constatou-se que algumas janelas, localizadas à direita, possuem proteções improvisadas no lado interno dos vidros (figura 116). Ao analisar as zonas de maior exposição solar e observando-se a distribuição funcional dos ambientes, percebeu-se tratar de ambientes de permanência como salas de aula e descanso. As demais janelas são voltadas para corredores internos. Propõe-se a adição de um painel externo de proteção solar, composto por membranas têxteis tensionadas, fixadas em uma estrutura de alumínio, que por sua vez será afixada na fachada do edifício (figura 117).

Figura 116: janelas com proteção interna improvisada na fachada sudoeste do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 117: painel de proteção externa proposto para a fachada sudoeste do HUPAA.

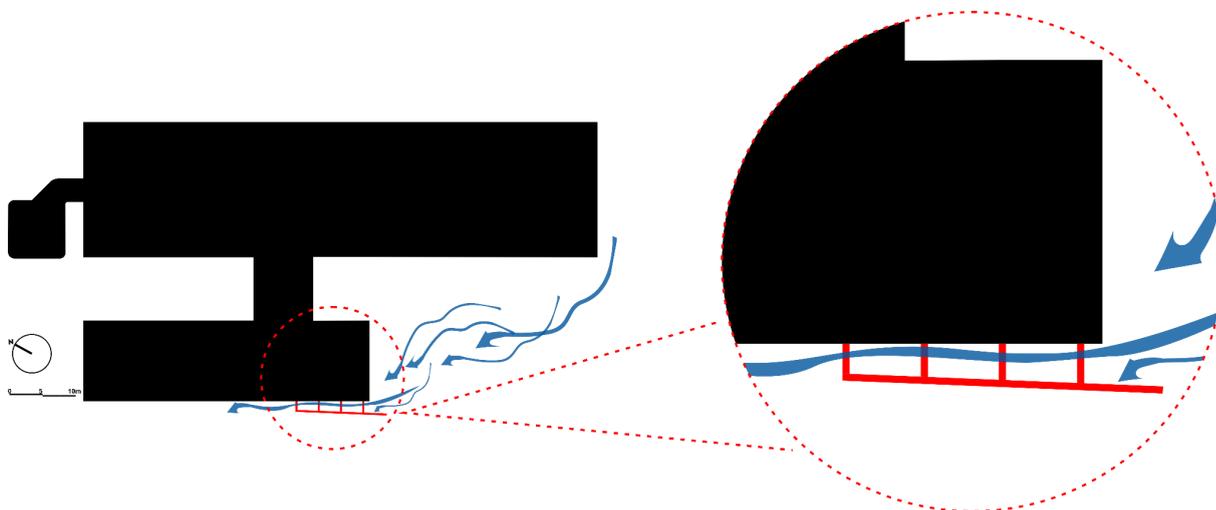


Fonte: elaboração autoral (2022).

O painel não está totalmente paralelo à fachada. Na Figura 118, observa-se que o painel possui uma leve abertura de 2° em relação à fachada. O afastamento é de 1,00m no ponto mais próximo e de 1,30m no ponto mais distante, além de se projetar 2,50m à direita da fachada de modo a buscar captar os ventos sudeste entre o painel e a fachada, criando um

efeito de canalização para os ventos e minimizando as cargas térmicas recebidas pela radiação solar direta, naquela extensão sudoeste.

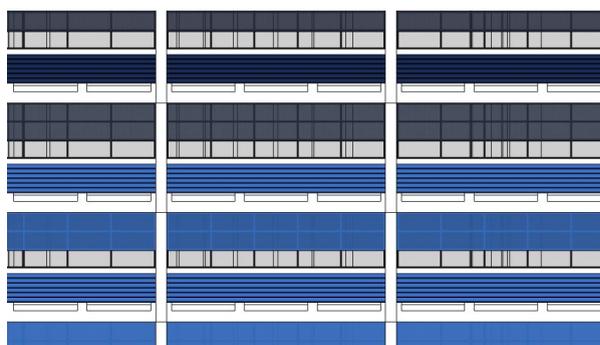
Figura 118: esquema ilustrativo do comportamento dos ventos sudeste nas fachadas do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Foi utilizada uma composição de brises horizontais associados com faixas de membranas têxteis como forma de proteger da incidência solar direta nas aberturas presentes nas fachadas sudoeste e nordeste do HUPAA (figura 119).

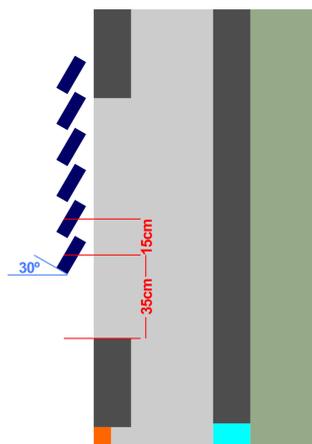
Figura 119: brises horizontais e membranas têxteis, na fachada sudoeste do HUPAA.



Fonte: elaboração autoral (2022).

Quanto aos brises horizontais, são formados a partir de um conjunto de 6 peças, com perfis de 0,5m de profundidade, 0,15m de altura e 7,4m de extensão lateral, rotacionados 30° a partir da linha do horizonte, distando 0,15m do eixo central um do outro e distando 0,35m do eixo central do perfil mais baixo até a face superior da viga (figura 120).

Figura 120: brises horizontais utilizados nas fachadas sudoeste e nordeste do HUPAA.

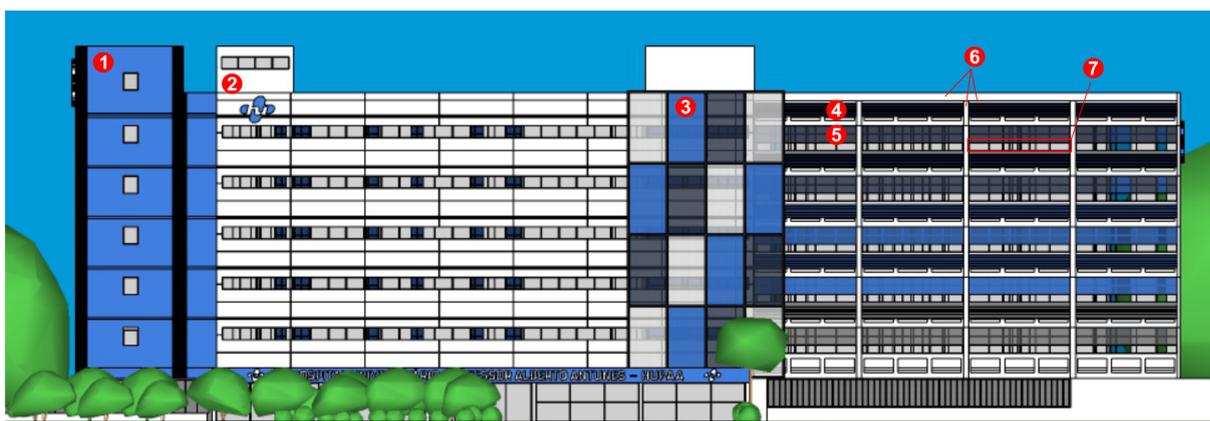


Fonte: elaboração autoral (2022).

As faixas de membranas têxteis utilizadas nos espaços dos antigos brises verticais medem de 6,95m x 1,20m. Já o painel de proteção solar, é composto por um conjunto de 16 membranas, cada módulo de membrana têxtil possui 2,60m x 4,075m.

As figuras 121 a 129 apresentam as vistas e as perspectivas das fachadas do edifício vertical do HUPAA, com a identificação das intervenções,.

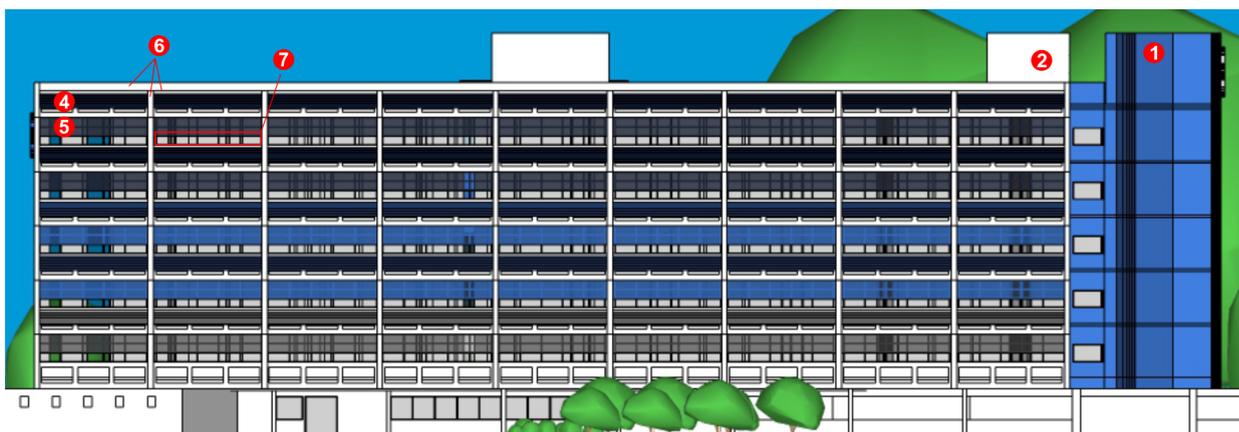
Figura 121: fachada sudoeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE M. T. HORIZONTAL
6: REVESTIMENTO CERÂMICO BRANCO GELO; 7: VIDROS DE ALTO DESEMPENHO.

Fonte: elaboração autoral (2022).

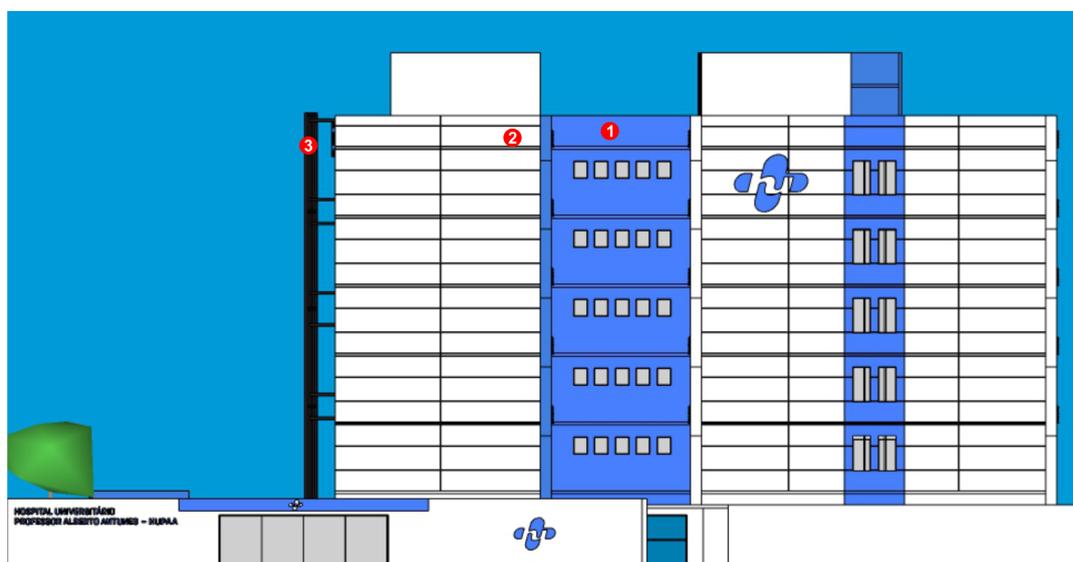
Figura 122: fachada nordeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL HORIZONTAL
6: REVESTIMENTO CERÂMICO BRANCO GELO; 7: VIDROS DE ALTO DESEMPENHO.

Fonte: elaboração autoral (2022).

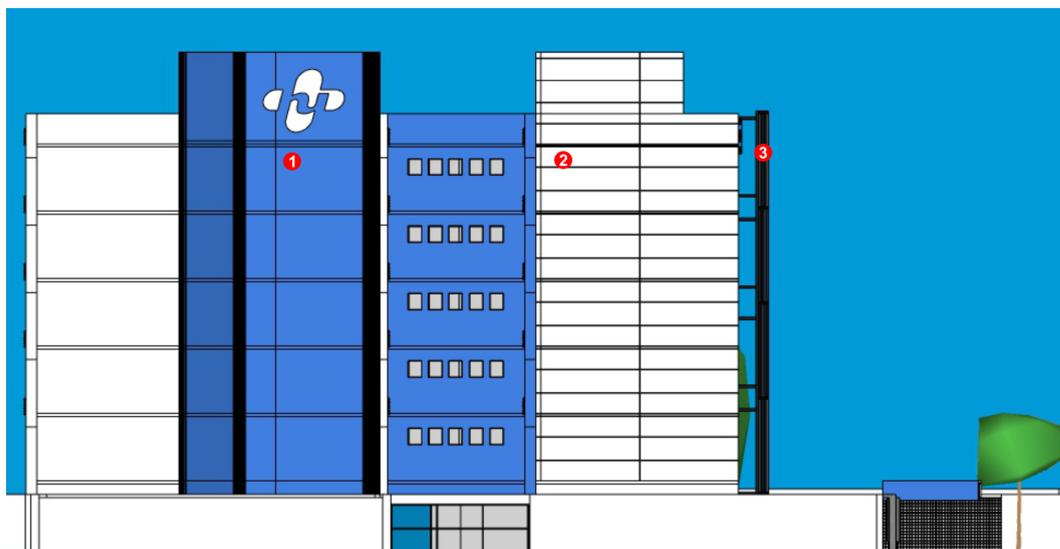
Figura 123: fachada sudeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL.

Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 124: fachada noroeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL.

Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 125: corte da fachada sudoeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL HORIZONTAL
6: REVESTIMENTO CERÂMICO BRANCO GELO; 7: VIDROS DE ALTO DESEMPENHO.

Fonte: elaboração autoral (2022).

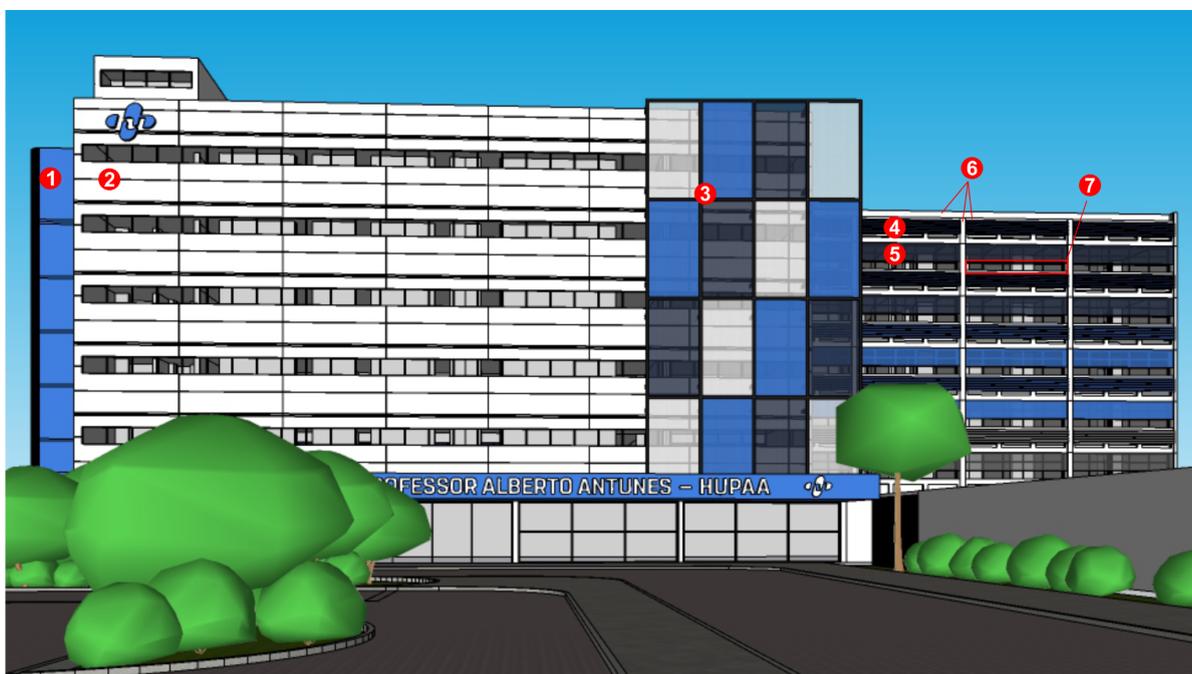
Figura 126: corte da fachada nordeste do HUPAA.



2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE M. T. HORIZONTAL
7: VIDROS DE ALTO DESEMPENHO; 8: REVESTIMENTO CERÂMICO AZUL

Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 127: perspectiva sudoeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE M. T. HORIZONTAL
6: REVESTIMENTO CERÂMICO BRANCO GELO; 7: VIDROS DE ALTO DESEMPENHO.

Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 128: perspectiva sudeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE M. T. HORIZONTAL.

Fonte: elaboração autoral (2022).

Figura 129: perspectiva noroeste do HUPAA.



1: ACM AZUL; 2: ACM BRANCO GELO; 3: PAINEL DE MEMBRANA TÊXTIL VERTICAL; 4: BRISE HORIZONTAL; 5: PAINEL DE M. T. HORIZONTAL.

Fonte: elaboração autoral (2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de retrofit para as fachadas do edifício vertical do HUPAA contempla uma melhora no desempenho térmico, por meio do posicionamento dos elementos adicionados às fachadas, bem como das propriedades termofísicas dos novos materiais empregados nas soluções. Os novos materiais, como a membrana têxtil e o vidro de alto desempenho, apresentam um bom índice de durabilidade e dispensam manutenção recorrente. Apesar das adições e substituições de materiais, buscou-se manter as características principais da edificação. A intervenção mais expressiva, sob o ponto de vista estético, ficou por conta do novo painel vertical de proteção, posicionado na fachada sudoeste com intuito de sombrear alguns ambientes de permanência prolongada e criar um mecanismo para captação da ventilação sudeste para a fachada em questão.

Quanto aos custos de aquisição, aplicação e manutenção dos novos materiais incluídos na proposta de retrofit, compreende-se que, quando observado a longo prazo, esse custo será compensado pela revitalização da fachada, a qual passaria a contar com elementos cuja manutenção seria menos recorrente, exceto do ACM, que demanda manutenção com maior frequência. No entanto, seu uso se justifica pela redução nos ganhos de calor da fachada.

Mesmo com a necessidade do retrofit, foi possível incorporar medidas de sombreamento eficazes, pois uma maior extensão das fachadas está voltada para o nascente e parte das fachadas voltadas ao poente possuem auto sombreamento da própria edificação, bloqueando a insolação.

Ao analisar o desempenho das aberturas das fachadas do HUPAA, em relação à captação da ventilação natural, não constatou-se nenhum artifício específico para esta função, a não ser os próprios brises verticais presentes à frente da maioria das janelas que, quando posicionados manualmente de maneira estratégica, poderiam vir a oferecer uma melhor captação dos ventos em algumas situações.

Dos dispositivos de sombreamento do edifício vertical do HUPAA, o mais notável é o conjunto de brises verticais, que funcionam como bloqueadores da radiação solar direta nos ambientes internos. Porém, necessitam estar na posição correta mas, como boa parte dos conjuntos de brises apresentam danos no sistema de posicionamento, atualmente esses dispositivos se mostram ineficazes.

As diretrizes projetuais propostas, buscam assegurar um melhor desempenho térmico, maior durabilidade e custo-benefício para aquisição e manutenção das fachadas do edifício.

Buscou-se a todo momento manter as características da composição volumétrica original, para não perder-se o sentido do retrofit e acabar se tornando uma simples reforma.

Fica como sugestão para pesquisas futuras, a viabilização da utilização das células fotovoltaicas orgânicas (OPVs) - citadas no tópico 2.3.4 deste trabalho - nas fachadas do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes. Não entrou como parte da proposta, porque os estudos destes dispositivos ainda são recentes e caminham para a validação no mercado global.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS (ABRAVIDRO). **Vidro de A a Z: vidro low-e (baixo emissivo)**. 2023. Disponível em: <https://abravidro.org.br/vidros/vidro-low-e-low-emissivty-glass/>. Acesso em: 27 mar 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - AsBEA. **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho: ABNT NBR 15.575**. 2016. Disponível em: https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2015/09/2_guia_normas_final.pdf. Acesso em: 23 nov 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS (ABRAVIDRO). **Vidro de A a Z: vidro refletivo**. 2023. Disponível em: <https://abravidro.org.br/vidros/vidro-refletivo-2/>. Acesso em: 27 mar 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os Sistemas de Vedações Verticais internas e externas**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7199: Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ARCHITECTUS. **Levantamento arquitetônico - blocos 12 - 13 hupaa - ufal - projeto de arquitetura**. 2021.

BASSO, Benhur Antônio; DALSSASSO Francielle; D’ALESSANDRO Patrícia P.; SILVA, Emerson da. **Retrofit do Laboratório Santa Luzia**. Florianópolis. 2011. Disponível em: <https://www.idein.com.br/arquivos/midias/1570712383.pdf>. Acesso em: 23 nov 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Resolução - RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, Dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 de fev 2002.

BRASIL. Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. **Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 123, n. 123, p. 12345. 2o dez. 2021. Seção 2, pt. 3.

CA2 - conforto ambiental, acústica, luminotécnica e sustentabilidade. **Brises x vidros de controle solar? Qual proporciona maior conforto térmico?** CA2. 2021. Disponível em: <https://ca-2.com/brises-x-vidros-de-controle-solar-low-e-qual-desses-elementos-proporciona-maior-conforto-termico/>. Acesso em: 03 nov 2022.

DAUDÉN, Julia. **O que são e quais as diferenças entre retrofit, reabilitação e restauro?** 13 Abr 2020. ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/937253/o-que-sao-e-quais-as-diferencas-entre-retrofit-reabilitacao-e-restauro>. Acesso em: 22 abr 2021.

DUTRA, L; LAMBERTS, R; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.

FLAUSINO, Danilo. **O AVANÇO DO RETROFIT NO BRASIL.** 2017. Disponível em: <https://reformweb.com.br/blog/post/7/O-Avan%C3%A7o-do-Retrofit-no-Brasil>. Acesso em: 23 nov 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico.** — 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

LAMBERTS, Roberto; GHISI Enedir; ABREU, Ana Lígia Papst de; CARLO, Joyce C.; BATISTA, Juliana Oliveira; MARINOSKI, Deivis Luis; NARANJO, Alejandro; DUARTE, Vanessa C. P. **desempenho térmico de edificações.** — 7. ed. Florianópolis: laboratório de eficiência energética em edificações, 2016. Apostila preparada para a Disciplina ECV 5161 - Desempenho Térmico de Edificações - do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Li, Y., Huang, X., Ding, K. et al. **Fotovoltaicos orgânicos não aceitadores de fulereno com vida operacional intrínseca superior a 30 anos**. 14 Set 2021. Disponível em:

<https://doi.org/10.1038/s41467-021-25718-w>. Acesso em: 05 mar 2023.

MAIA, Ruany Gomes Xavier. **Padrões de escoamento do vento na região metropolitana de Maceió**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Maceió, 2016.

MELO JÚNIOR, Carlos Mariano. **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada**. 2010. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, 2010.

MINARI, Gustavo. **Célula transparente pode transformar janela em painel solar que dura por 30 anos**. 15 Set 2021. Disponível em:

<https://canaltech.com.br/inovacao/celula-transparente-pode-transformar-janela-em-painel-solar-que-dura-por-30-anos-195818/>. Acesso em: 05 mar 2023.

MOREIRA, Susanna. **Casas brasileiras: 26 residências com brise-soleil**. 26 Nov 2019. ArchDaily Brasil. Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/929048/casas-brasileiras-26-residencias-com-brise-soleil>. Acesso em: 04 nov 2022.

NUDEL, Marcelo. **LIVE PARTE 2- Conforto térmico sob ótica da Norma de Desempenho**. Youtube, 02 abr. 2020. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=EUKyAxZHHv4&ab_channel=ConsultoriacomMarceloNudel. Acesso em: 08 maio 2022.

PENA, Rodolfo F. Alves. **A umidade atmosférica corresponde à presença de água no ar, fator que interfere na dinâmica climática e, em alguns casos, até na saúde das pessoas**.

S.D. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/umidade-atmosferica.htm>. Acesso em: 23 nov 2022.

PERIN, Alex Lacerda. **Vidro temperado, laminado, comum entre outros: conhecendo as Leis e Normas para instalação do vidro na construção civil**. Jusbrasil. 2020. Disponível em:

<https://peliculasbrasil.jusbrasil.com.br/artigos/844438190/vidro-temperado-laminado-comum-entre-outros>. Acesso em: 27 mar 2023.

PROJETO. **Tecnologia: Especial Fachadas**. Revista Projeto. 2017. Disponível em: <https://revistaprojeto.com.br/acervo/tecnologia-compostos-metalicos-ampliam-oferta/>. Acesso em: 11 jan 2022.

SCE. **DESCUBRA QUAIS SÃO OS PRINCIPAIS VIDROS DE SEGURANÇA**. Vidraço comercial. 2019. Disponível em: <https://www.vidracorj.com.br/vidros-de-seguranca/>. Acesso em: 27 mar 2023.

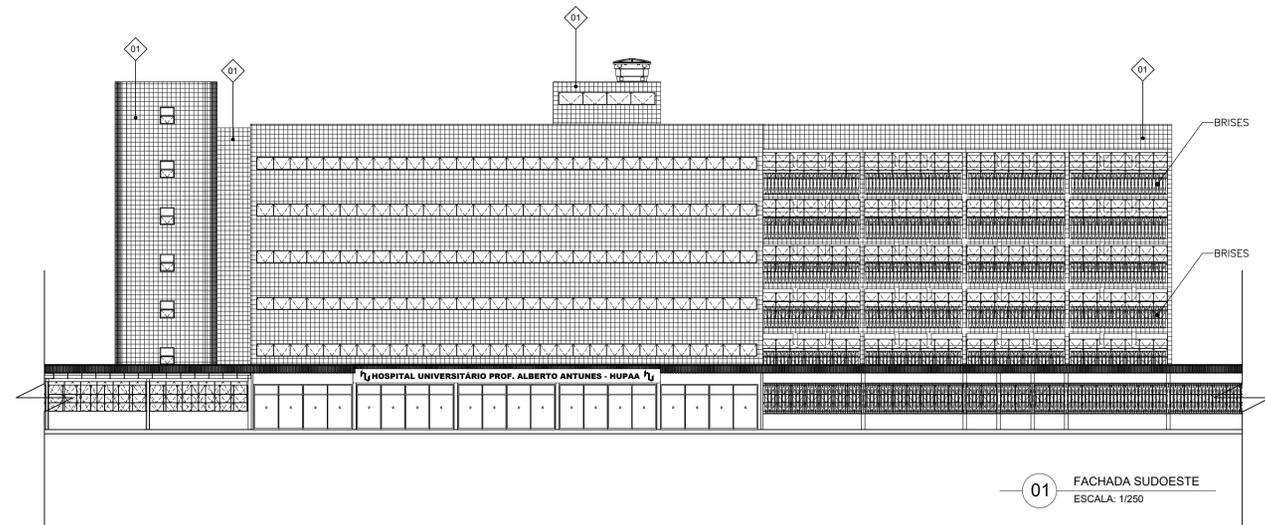
SILVA, Juliana Coelho Lustosa e. **DISCUSSÃO SOBRE A ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS EM FACHADA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS: Um olhar da Arquitetura Bioclimática, eficiência energética e sustentabilidade**. 2017. 87 f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade Damas da Instrução Cristã, Recife, 2017.

TICIANELI. **A histórica jornada da fundação da Faculdade de Medicina de Alagoas**. 2019. Disponível em: <https://www.historiadealagoas.com.br/a-historica-jornada-da-fundacao-da-faculdade-de-medicina-de-alagoas.html>. Acesso em: 05 maio 2021.

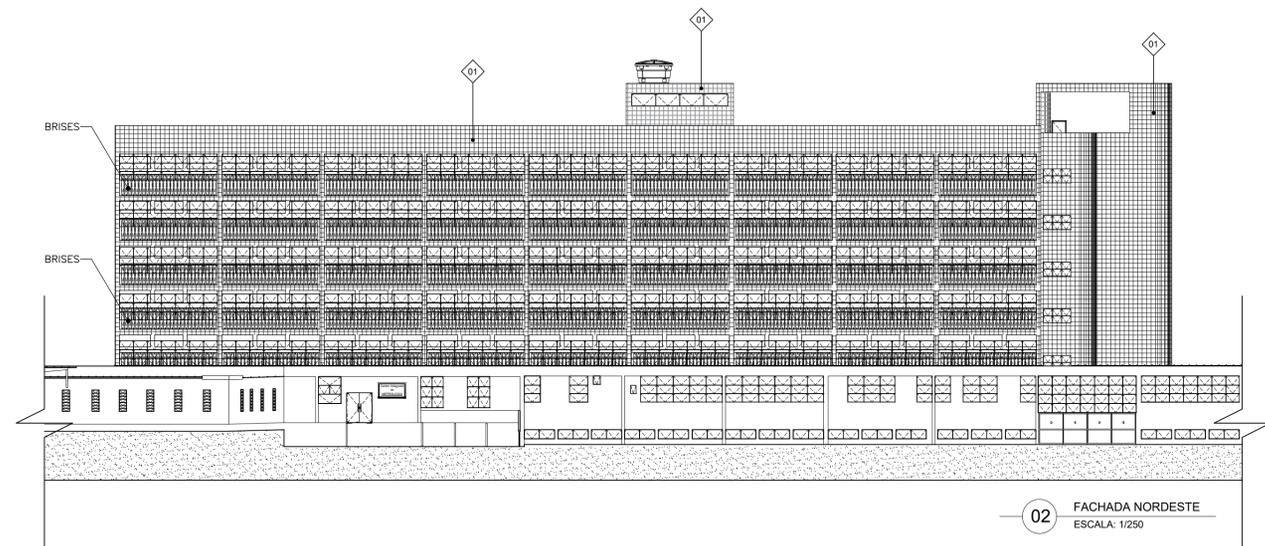
TICIANELI. **Estadia do navio-hospital HOPE em Maceió no ano de 1973**. 2017. Disponível em: <https://www.historiadealagoas.com.br/estadia-do-navio-hospital-hope-em-maceio-no-ano-de-1973.html>. Acesso em: 05 maio 2021.

VALE, Mauricio Soares do. **DIRETRIZES PARA RACIONALIZAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit**. 2006. 207 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

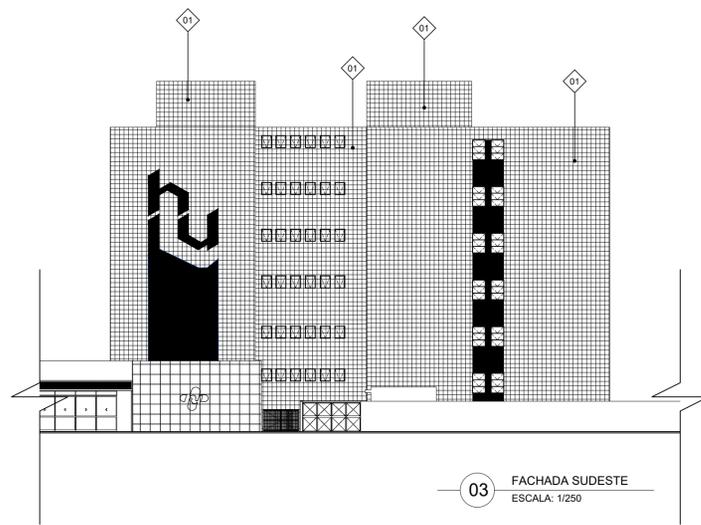
WESTPHAL, Fernando Simon. **Vidro plano para edificações**. — 1. ed. — São Paulo: Oficina de Textos, 2022.



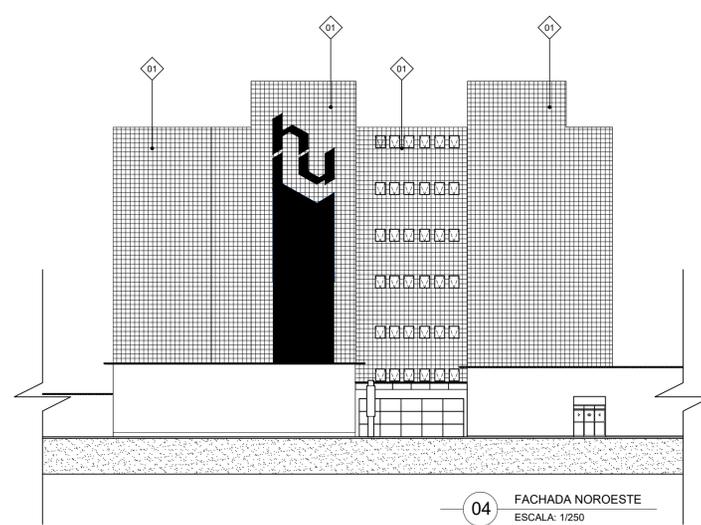
01 FACHADA SUDOESTE
ESCALA: 1/250



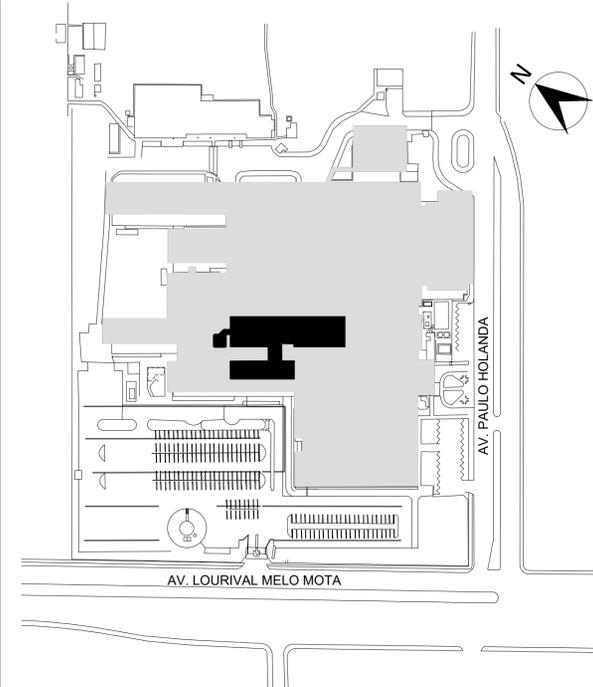
02 FACHADA NORDESTE
ESCALA: 1/250



03 FACHADA SUDESTE
ESCALA: 1/250



04 FACHADA NOROESTE
ESCALA: 1/250



05 PLANTA DE SITUAÇÃO DO EDIFÍCIO VERTICAL DO HUPAA
ESCALA: 1/2000

LEGENDA DE REVESTIMENTO	
01	PAREDE REVESTIDA EM CERÂMICA

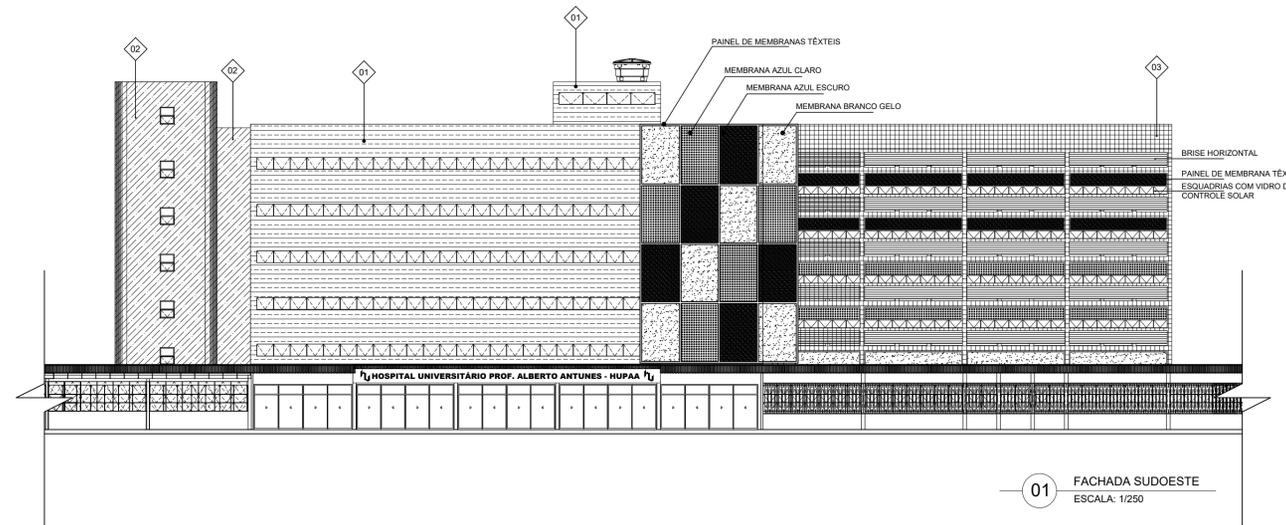
APÊNDICE A - TFG

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA

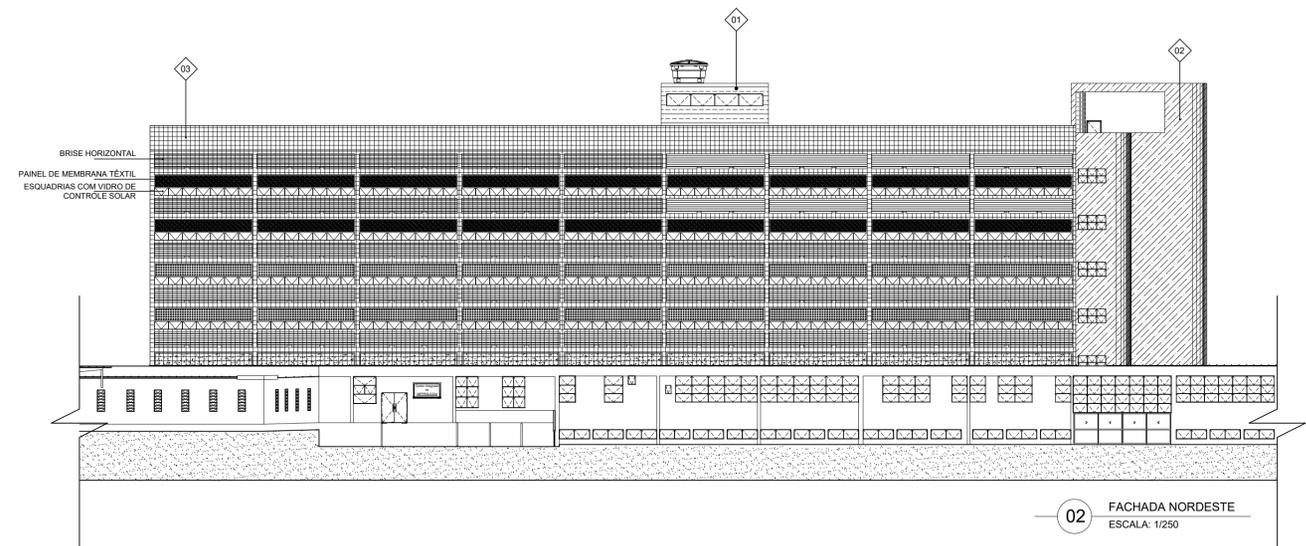
CARIMBOS:

DESCRIÇÃO DO PROJETO / ENDEREÇO:
 PROJETO ARQUITETÔNICO DE RETROFIT DE FACHADAS, PARA O HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PROFESSOR ALBERTO ANTUNES - HUPAA - UFAL, SITUADO NA AV. LOURIVAL MELO MOTA, S/N, MACEIÓ, ALAGOAS.

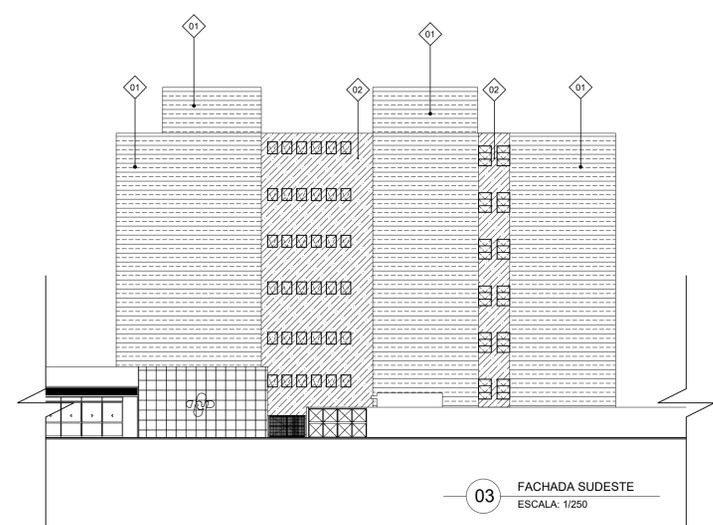
CONTEÚDO DESTA PRANCHA: FACHADAS ATUAIS DO HUPAA		
DISCENTE: KLYFESSION SATURNINO GONZAGA	PERÍODO: 2022.2	
ORIENTADOR: JULIANA OLIVEIRA BATISTA		
ESCALA: 1/250	DATA: MARÇO/2023	PRANCHA: 01/03



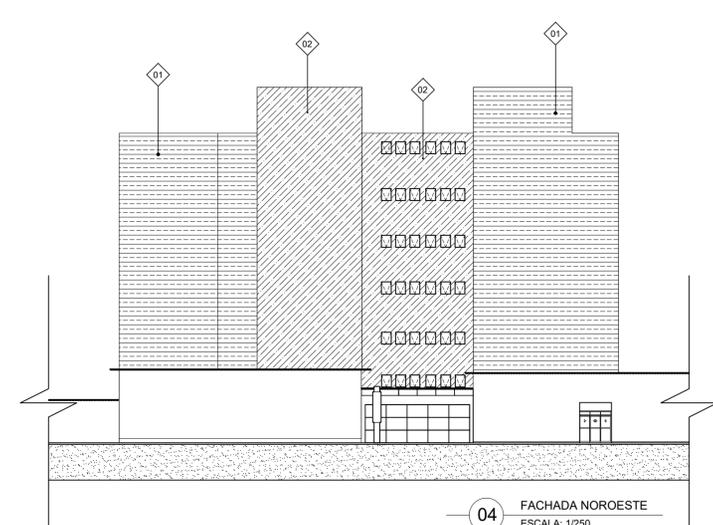
01 FACHADA SUDOESTE
ESCALA: 1/250



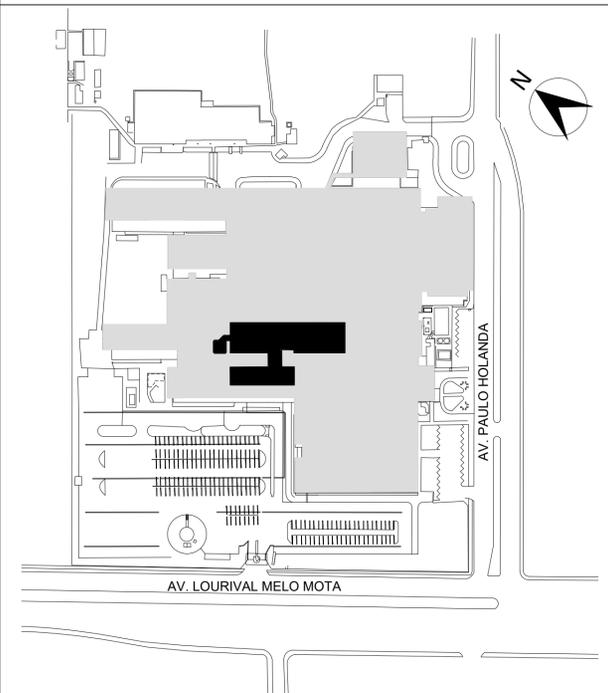
02 FACHADA NORDESTE
ESCALA: 1/250



03 FACHADA SUDESTE
ESCALA: 1/250



04 FACHADA NOROESTE
ESCALA: 1/250



05 PLANTA DE SITUAÇÃO DO EDIFÍCIO VERTICAL DO HUPAA
ESCALA: 1/2000

LEGENDA DE REVESTIMENTO	
01	PAREDE REVESTIDA EM ACM BRANCO GELO
02	PAREDE REVESTIDA EM ACM AZUL
03	PAREDE REVESTIDA EM CERÂMICA BRANCO GELO

APÊNDICE B - TFG

REVISÃO	DESCRIÇÃO	DATA

CARIMBOS:

DESCRIÇÃO DO PROJETO / ENDEREÇO:
PROJETO ARQUITETÔNICO DE RETROFIT DE FACHADAS, PARA O HOSPITAL UNIVERSITÁRIO PROFESSOR ALBERTO ANTUNES - HUPAA - UFAL, SITUADO NA AV. LOURIVAL MELO MOTA, S/N, MACEIÓ, ALAGOAS.

CONTEÚDO DESTA PRANCHA:
FACHADAS PROPOSTAS PARA O HUPAA

DISCENTE:
KLYFESSON SATURNINO GONZAGA

PERÍODO:
2022.2

ORIENTADOR:
JULIANA OLIVEIRA BATISTA

ESCALA:
1/250

DATA:
MARÇO/2023

PRANCHA:
02/03

